



TUGAS AKHIR TT 145565

# **RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW* MENGUNAKAN *MOTORIZED OPERATED* *VALVE* (MOV) BERBASIS PLC PADA *PROCESS CONTROL PLANT***

Muhammad Reza Faisal  
NRP 2413.031.006

Dosen Pembimbing  
**Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph. D**  
**NIP. 19600119 1986 111 001**

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI  
JURUSAN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2016



TUGAS AKHIR TT 145565

# **RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW* MENGGUNAKAN *MOTORIZED OPERATED VALVE (MOV)* BERBASIS PLC PADA *PROCESS CONTROL PLANT***

Muhammad Reza Faisal  
NRP 2413.031.006

Dosen Pembimbing  
**Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph. D**  
**NIP. 19600119 1986 111 001**

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI  
JURUSAN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2016



*FINAL PROJECT TF 145565*

***AN INSTRUMENT DESIGNED OF CONTROL  
FLOW USE MOTORIZED OPERATED VALVE  
(MOV) BASED PLC IN PROCESS CONTROL  
PLANT***

Muhammad Reza Faisal  
NRP 2413.031.006

*Advisor Lecturer*

**Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph. D**  
**NIP. 19600119 1986 111 001**

*DIPLOMA 3 OF METROLOGY AND INSTRUMENTASI  
ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2016*

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW*  
MENGUNAKAN MOTORIZED OPERATED  
VALVE (MOV) BERBASIS PLC PADA *PROCESS*  
*CONTROL PLANT***

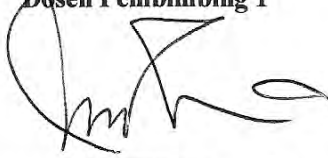
**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**Muhammad Reza Faisal  
NRP. 2413 031 006**

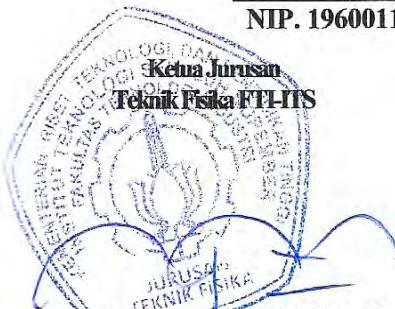
**Surabaya, 30 Juni 2016  
Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing 1**



**Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph. D  
NIP. 19600119 1986 111 001**

**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika FT-ITS**



**Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D  
NIP. 19780902 200312 1 002**

**Ketua Program Studi  
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc.  
NIP. 19620822 198803 1 001**

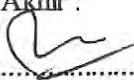




**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW*  
MENGUNAKAN *MOTORIZED OPERATED VALVE*  
(MOV) BERBASIS PLC PADA *PROCESS CONTROL*  
*PLANT***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada  
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**MUHAMMAD REZA FAISAL**  
**NRP. 2413 031 006**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph.D ..........Dosen Pembimbing
2. Hendra Cordova, ST, MT ..........Ketua Penguji
3. Ir. Tutug Dhanardono, MT ..........Penguji I
4. Murry Raditya, ST, MT..........Penguji II
5. Nur Laila Hamidah, ST, M.Sc..........Penguji III

**SURABAYA**  
**28 Juli 2016**

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW*  
MENGUNAKAN *MOTORIZED OPERATED VALVE*  
(MOV) BERBASIS PLC PADA *PROCESS CONTROL*  
*PLANT***

**Nama** : Muhammad Reza Faisal  
**NRP** : 2413031006  
**Jurusan** : D3 Metrologi dan Instrumentasi  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph. D

**Abstrak**

Sistem pengendalian *flow* pada *process control system plant* merupakan sistem yang digunakan untuk mengendalikan *flow*. Pada perancangan sistem pengendalian *flow* ini, sensor yang digunakan untuk mengukur *flow* adalah sensor *flowmeter* 1" yang dilengkapi dengan rangkaian pengkondisian sinyal *frequency to voltage* (FTV) dan rangkaian komparator. Rangkaian FTV digunakan untuk merubah frekuensi ke tegangan, sedangkan komparator digunakan untuk merubah sinyal analog *output* dari FTV menjadi sinyal digital. *Output* dari sensor *flowmeter* akan mengukur *flow* yang ada dan akan memberikan respon ke PLC saat *setpoint flow* tercapai sehingga MOV sebagai aktuator *flow* akan merespon. Dari data respon pengendalian yang didapat menunjukkan bahwa pengendalian telah berjalan sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan yaitu 18 liter/menit dan berjalan dengan stabil. selain itu berdasarkan pengujian alat pada sistem pengendalian *flow* didapatkan *respon time* yang cukup baik untuk mencapai *stedy state* dengan maksimum *overshoot* 19 liter/menit. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* (*settling time*) dari awal pengambilan data adalah  $\pm 55$  detik.

**Kata kunci** : Sistem Pengendalian *flow*, *Flowmeter*, MOV, PLC

# ***AN INSTRUMENT DESIGNED OF CONTROL FLOW USE MOTORIZED OPERATED VALVE (MOV) BASED PLC IN PROCESS CONTROL PLANT***

**Name** : Muhammad Reza Faisal  
**NRP** : 2413031006  
**Department** : D3 metrology and instrumentation  
**Supervisor I** : Ir.Harsono hadi , M.sc , Ph .D

## **Abstract**

*Flow control system in process control system plant is a system that used to control flow. On designing control system flow this, the sensor used to measure flow is sensors flowmeter 1" equipped with a circuit of conditioning signals frequency to voltage ( FTV ) and komparator circuit. A series of ftv used to change frequency to voltage, while komparator used to change analogue signals the output of ftv into digital signals. The output of flowmeter sensor will measure flow will respond to plc when setpoint flow achieved so MOV as actuator flow will respond. From the data response control obtained shows that control has been running in accordance with setpoint desired that is 18 liters per minutes and walked with a steady. in addition based on testing instrument in control system flow obtained response time is a good enough to reach steady state with only a maximum overshoot 19 liters per minute . The time it takes to reach set point ( settling time ) from the beginning of the data sampling is  $\pm 55$  seconds.*

**Keywords** : Flow control system, flowmeter, MOV, PLC

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat .....	2
1.6 Sistematika Laporan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengendalian <i>Flow</i> .....	5
2.2 Pompa Air .....	7
2.3 <i>Water Flowmeter</i> .....	10
2.4 Jenis – jenis Valve .....	11
2.5 <i>Motor Stepper</i> .....	13
2.6 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....	16
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1 <i>Flowchart</i> Perancangan Tugas Akhir .....	25
3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir .....	26
3.3 Perancangan Sistem <i>Process Control Plant</i> .....	26
3.4 Perancangan <i>Motor Operated Valve (MOV)</i> .....	29
3.5 Perancangan <i>Driver Relay</i> Pompa Air .....	30
3.6 Perancangan <i>Pengkondisian sinyal Water Flowmeter</i> .....	31
3.7 Perancangan <i>Driver Motor Stepper Pada MOV</i> .....	32
3.8 Perancangan Program Ladder Diagram .....	32



## **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA**

4.1	Analisa Data .....	35
4.2	<i>Driver Relay</i> Pompa Air .....	35
4.3	<i>Driver Waterflowmeter</i> dan rangkaian komparator ....	36
4.4	Pengendalian <i>Driver Motor Stepper</i> pada MOV .....	41
4.5	Kalibrasi <i>Flowmeter</i> .....	45
4.6	Pengendalian <i>Flow</i> dengan <i>Motorized Operated Valve</i> (MOV) .....	48
4.7	Pembahasan.....	51

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	53

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Flow Control Loop</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Standar instalasi pemasangan flowmeter dan valve .....	6
<b>Gambar 2.3</b>	Instalasi pompa .....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Proses pemompaan.....	9
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Water Flowmeter</i> ukuran 1” .....	10
<b>Gambar 2.6</b>	Jenis – jenis valve.....	11
<b>Gambar 2.7</b>	Motor stepper dengan lilitan Unipolar .....	14
<b>Gambar 2.8</b>	Motor stepper dengan lilitan Bipolar .....	14
<b>Gambar 2.9</b>	<i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) .....	17
<b>Gambar 2.10</b>	Komponen Dasar PLC .....	19
<b>Gambar 2.11</b>	Rangkaian antarmuka masukan PLC .....	22
<b>Gambar 2.12</b>	Rangkaian antarmuka keluaran PLC.....	24
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir.....	25
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram blok sistem pengendalian flow.....	26
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Process control system plant</i> .....	27
<b>Gambar 3.4</b>	Standar instalasi pemasangan flowmeter.....	28
<b>Gambar 3.5</b>	<i>Motor Operated Valve</i> (MOV) .....	30
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Driver relay</i> pompa.....	31
<b>Gambar 3.7</b>	Pengkondisian sinyal <i>water flowmeter</i> .....	32
<b>Gambar 3.8</b>	Diagram blok rangkaian <i>driver motor stepper</i> .....	32
<b>Gambar 3.9</b>	Cubloc studio .....	33
<b>Gambar 4.1</b>	Driver relay pompa .....	35
<b>Gambar 4.2</b>	Rangkaian <i>frequency to voltage</i> (FTV).....	36
<b>Gambar 4.3</b>	Nilai konversi dari frekuensi ke tegangan.....	37
<b>Gambar 4.4</b>	Rangkaian komparator .....	39
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik <i>flow</i> keluaran pompa .....	40
<b>Gambar 4.6</b>	Motor stepper dua – phasa (Bipolar) .....	41
<b>Gambar 4.7</b>	Logika pengendalian <i>motor stepper</i> .....	42
<b>Gambar 4.8</b>	Rangkaian darlington untuk <i>driver motor stepper</i> .....	44
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Hubungan Volume dan Laju Aliran.....	46

**Gambar 4.10** Grafik pengendalian *flow* ..... 50

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi pompa.....	9
<b>Tabel 2.2</b> Pergerakan <i>Half step</i> .....	15
<b>Tabel 2.3</b> Pergerakan <i>Full step</i> .....	16
<b>Tabel 2.4</b> Perbedaan PLC dengan sistem kendali konvensional .....	18
<b>Tabel 4.1</b> Output rangkaian frequency to voltage (FTV).....	37
<b>Tabel 4.2</b> Pengukuran tegangan FtV pada output pompa .....	39
<b>Tabel 4.3</b> Tabel kebenaran output komparator .....	40
<b>Tabel 4.4</b> Tabel kebenaran pengendalian <i>motor stepper</i> .....	43
<b>Tabel 4.5</b> Data Pengukuran pada Tangki Ukur.....	46
<b>Tabel 4.6</b> Data Pengujian Sensor <i>Water Flow</i> .....	47
<b>Tabel 4.7</b> Respon Pengendalian <i>Flow</i> .....	49

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada kontrol proses industri, seperti kontrol proses industri kimia, kontrol proses pengolahan air bersih dan air limbah industri dan lain sebagainya, kontrol valve dan *motor operated valve* (MOV) merupakan salah satu peralatan yang penting. Kontrol valve dan MOV perannya menjadi lebih penting lagi bila suatu kontrol proses dijalankan secara otomatis penuh, dimana valve tersebut dirancang sedemikian rupa agar dapat merespon kondisi masukan yang berupa sinyal analog 0 – 10 V atau 4 – 20 mA. MOV merupakan suatu peralatan yang dirancang khusus untuk tujuan tertentu pada suatu kontrol proses, sehingga valve seperti itu mempunyai nilai jual yang cukup tinggi, serta memerlukan perawatan yang cukup intens, sehingga diperlukan biaya investasi dan biaya perawatan yang tidak sedikit. Dari kenyataan diatas, sebagai alternatif dari penggunaan valve diatas serta untuk mengefisienkan penggunaan biaya investasi dan perawatan pada suatu *control* proses industri dengan standar tertentu, pengendalian buka-tutup valve dapat dikembangkan dan dilakukan dengan menggunakan valve mekanikal standar (valve manual) yang dimodifikasi menjadi *motorized valve* yang terkontrol secara digital, dimana pengendalian bukaan valvenya dapat diatur dengan tingkat ketelitian yang diharapkan tidak jauh berbeda dengan kontrol valve. *Motorized valve* tersebut dirancang sedemikian rupa dan selanjutnya dihubungkan dengan peralatan pengendali terprogram (PLC) dan kondisi performa valvenya dapat dikontrol. <sup>[1]</sup>

Adapun penerapan MOV ini yaitu dalam *process control system plant*. *Process control system plant* disini digunakan untuk modul praktikum mata kuliah PLC. Tujuan dibuatnya modul praktikum ini antara lain untuk menunjang praktikum PLC agar mahasiswa dapat langsung menerapkan logika yang dibuat pada simulasi menjadi proses secara nyata. Dengan begitu, mahasiswa dituntut agar bisa menerapkan keilmuan PLC secara langsung di dunia nyata.

## 1.2 Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir kali ini rumusan masalah yang diangkat yaitu bagaimana merancang rancang bangun *Process Plant System*, rangkaian pengendali *motor stepper* untuk PLC dan rangkaian pengkondisian sinyal dan rangkaian ADC sensor *water flowmeter* yang bisa digunakan di PLC di jurusan teknik fisika

## 1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian *driver motor stepper* berupa rangkaian darlington untuk diterapkan di PLC. Dimana sistem kendali menggunakan *output digital* PLC.
2. Pengendalian *flow* berdasarkan *set point* pada rangkaian pengkondisian sinyal *water flowmeter*. Dimana *set point* berupa rangkaian *comparator*.
3. Waterflowmeter menggunakan rangkaian ADC agar bisa digunakan di *digital input*. Hal ini dikarenakan dimana PLC yang digunakan hanya terdapat *digital I/O* dan tidak ada *analog I/O*.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah membuat rancang bangun *Process Plant System*, rangkaian pengendali *motor stepper* untuk PLC, rangkaian pengkondisian sinyal dan rangkaian ADC sensor *water flowmeter* yang bisa digunakan di PLC di jurusan teknik fisika.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai modul praktikum PLC di jurusan teknik fisika dimana terdapat 3 pengendalian variabel didalamnya antara lain pengendalian *flow* menggunakan *motor operated valve* (MOV)

## **1.6 Sistematika Laporan**

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

### **BAB II : DASAR TEORI**

Bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan tugas akhir yaitu berupa teori tentang pengendalian aliran, *water flowmeter*, *motorized operated valve* dan PLC.

### **BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Pada bab ini diuraikan tentang perancangan sistem pengendalian aliran menggunakan water flowmeter dan MOV berbasis PLC serta diagram blok, cara kerja alat, perangkat keras.

### **BAB IV : ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan hasil dan analisa dari realisasi alat yang telah dibuat.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi simpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

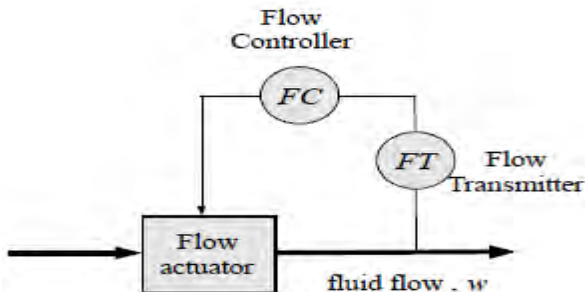
**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**



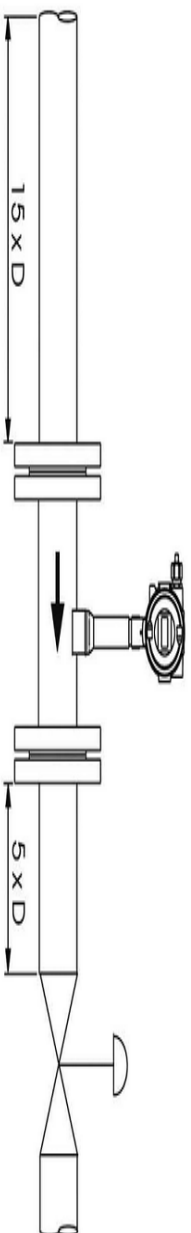
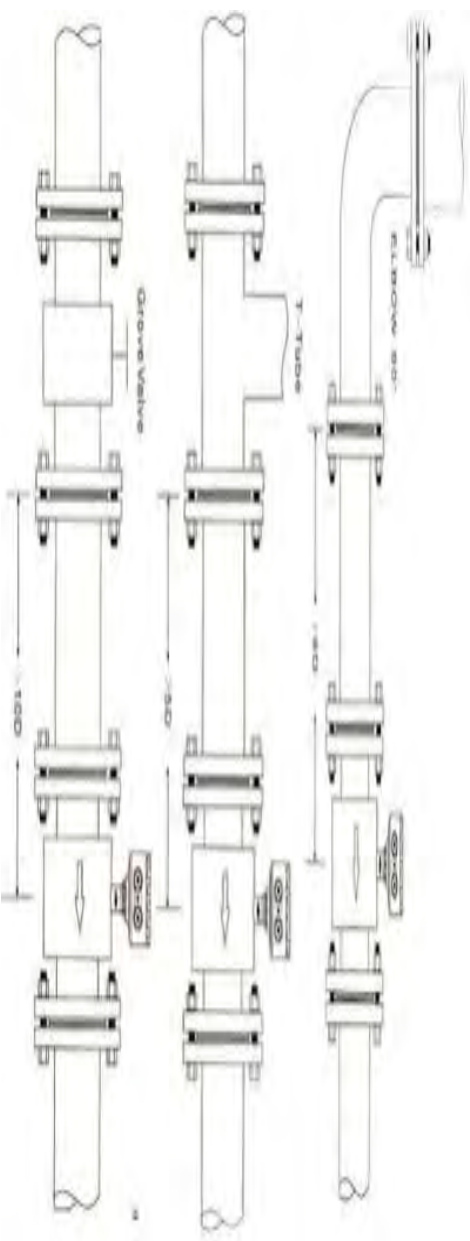
## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Pengendalian Flow

Pengendalian *flow* mempunyai sifat khusus karena cepatnya proses. Elemen proses *flow*, baik *flow* gas maupun *flow* zat cair, bereaksi cepat terhadap perubahan bukaan *control valve*. Dinamika proses pengendalian *flow* adalah proses orde satu dengan *time constant*-nya relatif kecil, yaitu berkisar antara 0.5 detik sampai 1 detik. Padahal, *time constant* elemen-elemen lain seperti *transmitter*, transmisi sinyal pengukuran *pneumatic*, transmisi *controller* ke *control valve*, dan *time constant* dari *control valve* itu sendiri jauh lebih besar dari *time constant* elemen proses. Jadi, dalam bentuk *loop* periode response sistem pengendalian *flow* lebih ditentukan oleh elemen-elemen instrumentasi dari pada elemen prosesnya dengan periode berkisar antara 1 sampai 10 detik sehingga *setting time*-nya sekitar 1 menit. Karena *time constant* elemen proses sangat kecil, *time constant* transmisi *pneumatic* bisa jadi lebih menonjol dari *time constant* elemen proses. Itulah sebabnya kalau *loop* menggunakan instrumentasi pneumatik, sistem transmisi sinyal perlu dibuat sependek mungkin. Walaupun akhirnya prioritas ada pada kebutuhan operasi, maka perlu tahu konsekuensi panjangnya transmisi pneumatik, khususnya pada elemen proses *flow*.<sup>[2]</sup>



Gambar 2.1 Flow control loop<sup>[2]</sup>



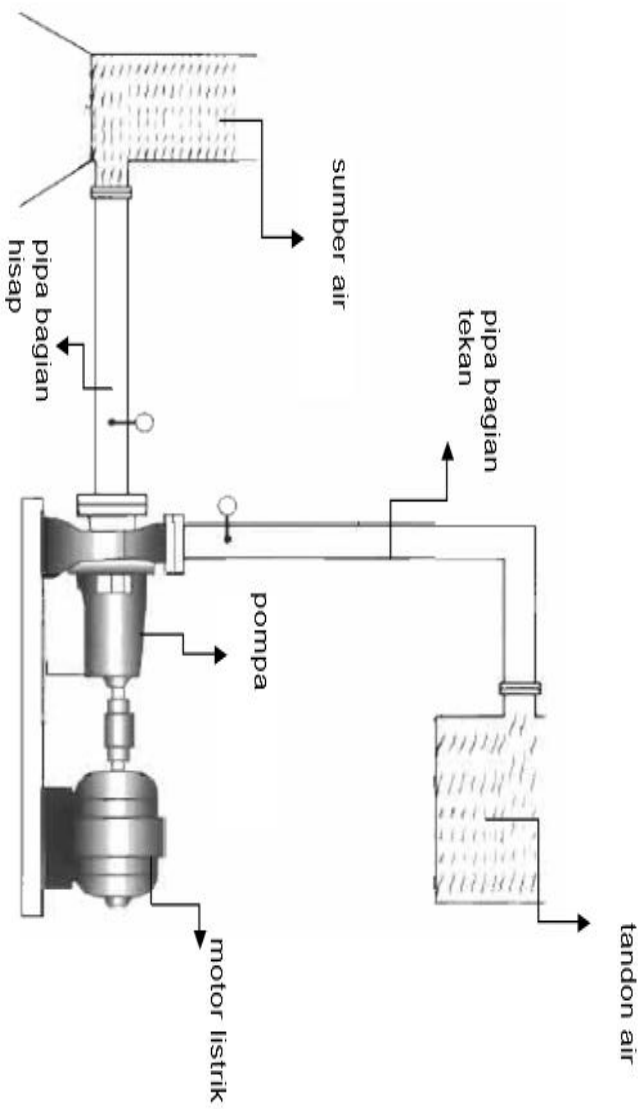
**Gambar 2.2** Standar instalasi pemasangan flowmeter dan valve [2]

Pemasangan instrument flow sangat perlu diperhatikan. Hal ini berguna agar tidak terjadi kesalahan dalam memonitoring flow yang ada. Pemasangan instrument yang salah dapat menyebabkan terjadinya pengukuran yang tidak akurat. Maka dari itu, pemasangan instrument harus mengikuti standar yang ada.

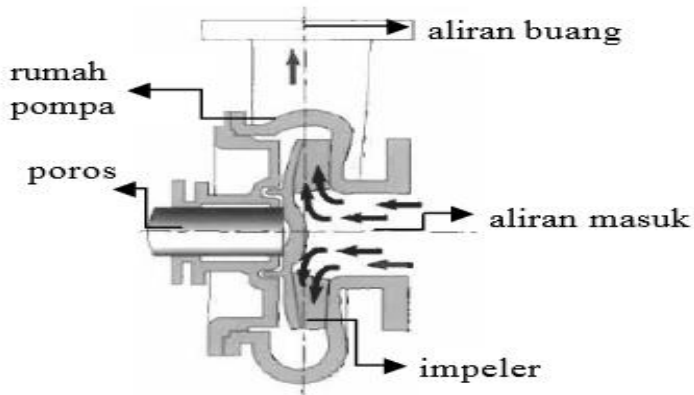
## 2.2 Pompa Air

Pompa merupakan salah satu jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Zat cair tersebut contohnya adalah air, oli atau minyak pelumas, serta fluida lainnya yang tak mampu mengalir. Industri - industri banyak menggunakan pompa sebagai salah satu peralatan bantu yang penting untuk proses produksi. Sebagai contoh pada pembangkit listrik tenaga uap, pompa digunakan untuk menyuplai air umpan ke boiler atau membantu sirkulasi air yang akan diuapkan di boiler.

Pada pompa terdapat sudut - sudut impeler yang berfungsi sebagai tempat terjadi proses konversi energi dari energi mekanik putaran menjadi energi fluida head. Impeler dipasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak, biasanya motor listrik atau motor bakar. Poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar. Karena poros pompa berputar impeler dengan sudut - sudut impeler berputar, zat cair yang ada di dalamnya akan ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari tengah pompa ke saluran yang berbentuk volut atau spiral kemudian ke luar melalui nosel. Jadi fungsi impeler pompa adalah mengubah energi mekanik yaitu putaran impeler menjadi energi fluida (zat cair). Dengan kata lain, zat cair yang masuk pompa akan mengalami penambahan energi. Penambahan energi pada zat cair mengakibatkan penambahan head tekan, head kecepatan dan head potensial. Jumlah dari ketiga bentuk *head* tersebut dinamakan *head total*. *Head total* pompa juga dapat didefinisikan sebagai selisih *head total* (energi persatuan berat) pada sisi hisap pompa dengan sisi ke luar pompa. <sup>[3]</sup>



**Gambar 2.3** Instalasi pompa [3]



**Gambar 2.4** Proses pemompaan

Adapun spesifikasi pompa yang dipakai dalam tugas akhir yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Spesifikasi pompa

<b>Daya Output Listrik</b>	125 Watt
<b>Daya Input Start</b>	250 Watt
<b>Daya Hisap</b>	9 Meter (max), 5 Meter Permukaan Air
<b>Daya Dorong</b>	24 Meter (max)
<b>Total Head</b>	33 meter
<b>Debit Air</b>	35 Liter/menit (max)
<b>Inlet</b>	1 inch
<b>Outlet</b>	1 inch

### 2.3 Water Flowmeter

*Water flow* sensor FS400a ini mempunyai ukuran drat 1 inch, sistem kerja sama dengan *water flow sensor* ukuran lainya yaitu bekerja sesuai prinsip induksi dari efek Hall berkaitan dengan deteksi fluks magnetik. Air yang mengalir dilewatkan pada sebuah rotor yang berputar dengan laju angular sesuai dengan debit air yang mengalir. Pada ujung rotor terdapat kepingan magnet alam yang ditempatkan sedemikian rupa di tengah kumparan kawat. Akibat perputaran keping magnet terhadap kumparan ini tercipta medan magnet, yang dideteksi oleh detektor *hall effect* dan dikonversi menjadi arus listrik. Semakin cepat magnet berputar akibat debit air yang membesar, semakin besar arus listrik yang dihasilkan (prinsipnya seperti dinamo pada pembangkit listrik tenaga air) yang dapat dibaca oleh mikrokontroler yang terhubung dengan sensor ini. hanya saja *waterflow sensor* 1 inch ini memiliki drat dengan ukuran besar sehingga mampu mendeteksi debit air hingga 60 liter per menit. Spesifikasi G 1 inch *water flow sensor* :

- Rentang tegangan operasional antara 5 ~ 24 Volt DC
- Maksimum arus operasional sebesar 15 mA (pada 5 VDC)
- Maksimum suhu air 120°C
- Maksimum suhu operasional 80°C
- Rentang kelembapan operasional antara 35% ~ 90% RH
- Maksimum tekanan air 1,2 MPa
- Diameter *thread inlet/outlet* 1" (~25 mm)



**Gambar 2.5** *Water Flowmeter* ukuran 1" [4]

Dimana output dari *water flowmeter* ini yaitu frekuensi. Persamaan untuk merubah frekuensi ke debit yaitu :

$$F(\text{Hz}) = 4.8 \times Q (\text{L/min})$$

## 2.4 Jenis-jenis Valve

Ada banyak sekali jenis-jenis valve, antara lain yang secara umum sering digunakan adalah :



**Gambar 2.6** Jenis – jenis valve<sup>[5]</sup>

### 2.4.1 Valve Kupu-kupu

Merupakan valve yang dikonstruksi dengan casing yang didalamnya terdapat piringan yang berputar pada suatu poros dengan gerakan 0 – 90 derajat. Valve ini dapat dikonstruksi dengan diameter yang cukup besar dan mempunyai tekanan kerja yang rendah. Keuntungan dari penggunaan valve ini adalah tekanan jatuhnya rendah dan secara fisik cukup ringan. Sedangkan kerugiannya adalah tingkat kebocoran yang cukup tinggi.

### 2.4.2 Valve Gerbang

Merupakan valve dengan piringan geser yang dapat bergerak naik-turun, dan tegak lurus terhadap gerakan aliran. Umumnya digunakan sebagai pemberhenti aliran (stop valve), mampu bekerja pada tekanan dan temperatur yang tinggi, dapat bekerja dengan

aliran cairan yang kental. Keuntungan dari penggunaan valve ini adalah pada kondisi buka penuh jatuh tekanannya sangat rendah, dan tertutup dengan sangat rapat bila dalam kondisi tertutup penuh, bebas dari terbentuknya kontaminasi. Sedangkan kerugiannya adalah akan terjadi vibrasi pada bukaan sebagian, respon gerakan buka tutup rendah/lambat.

### **2.4.3 Valve Bola**

Merupakan valve yang dikemas dalam suatu casing yang didalamnya terdapat bola yang diberi lobang untuk saluran keluar, pengoperasiannya dilakukan dengan gerakan berputar 0 – 90 derajat, dimana pada posisi 0 derajat lobang saluran akan terbuka, pada posisi gerakan 90 derajat lobang saluran akan tertutup. Digunakan untuk aplikasi kontrol aliran, kontrol tekanan, pemberhenti aliran, untuk aliran – aliran yang korosif, untuk gas dan mampu bekerja pada tekanan tinggi. Keuntungan dari penggunaan valve ini adalah jatuh tekanan rendah, kebocoran rendah, konstruksi yang relatif kecil dan gerakan membuka dan menutupnya cukup cepat. Sedangkan kerugiannya adalah perlu kedudukan yang kuat bila digunakan dengan dicekek (*Throttling*), gerakan membuka yang cepat dapat menyebabkan palu air.

### **2.4.4 Valve Globe**

Ada tiga tipe dari valve ini yaitu tipe bola (Globe), tipe sudut dan tipe Y, piringan atau plug bergerak secara tegak lurus terhadap aliran dan akan menutup pada suatu kedudukan cincin, dapat digunakan dengan bukaan yang dicekek (*Throttling*), merupakan sebuah kontrol valve untuk aplikasi umum. Keuntungan dari penggunaan valve ini adalah gerakan buka tutupnya lebih cepat dari valve gerbang, tidak memerlukan kedudukan tambahan pada teknis pemasangannya, dan untuk kontrol tekanan akan menghasilkan jatuh tekanan yang tinggi. Sedangkan kerugiannya adalah jatuh tekanan yang tinggi, diperlukan daya yang cukup besar bila digunakan dengan sistem motorized, konstruksi valve cukup berat.

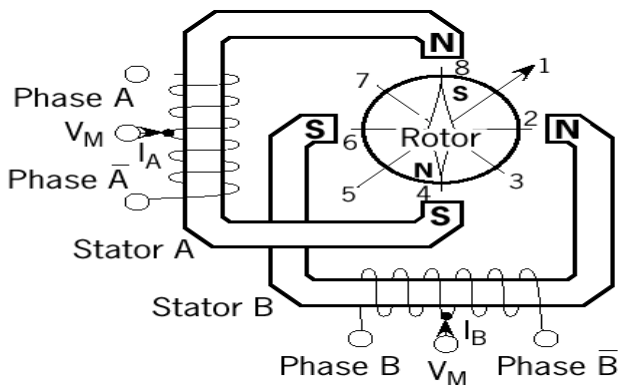


## 2.5 Motor Stepper

*Motor stepper* disini berfungsi sebagai penggerak *valve* secara elektrik. *Motor stepper* adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. *Motor stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali *motor stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan *motor stepper* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya antara lain adalah :

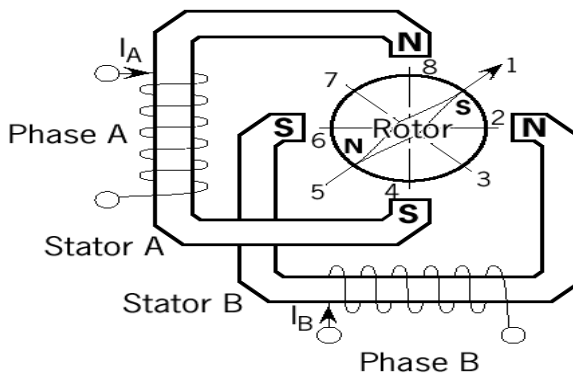
- Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
- Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
- Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
- Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
- Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada *range* yang luas.

Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, *motor stepper* dapat dibagi menjadi jenis *unipolar* dan *bipolar*. Rangkaian pengendali *motor stepper unipolar* lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (*ground*) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (VM) pada bagian tengah (*center tap*) dari lilitan.



**Gambar 2.7** *Motor stepper dengan lilitan unipolar*<sup>[6]</sup>

Untuk *motor stepper* dengan lilitan *bipolar*, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. *Motor stepper bipolar* memiliki keunggulan dibandingkan dengan *motor stepper unipolar* dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



**Gambar 2.8** *Motor stepper dengan lilitan bipolar*<sup>[6]</sup>

*Motor stepper* bergerak per langkah, dimana setiap langkah mempunyai derajat pergerakan yang sama tergantung dari resolusi dari motor tersebut. *Motor stepper* yang mempunyai resolusi pergerakan yang kecil, pergerakannya lebih baik dibandingkan resolusi yang besar. Hal ini disebabkan karena pergerakan yang besar akan menghasilkan gerakan yang lebih kasar dibandingkan dengan motor yang memiliki resolusi kecil. Motor stepper dapat dikendalikan secara *full step* dan *half step*. Pengendalian secara *half step* lebih baik daripada pengendalian secara *full step* karena dengan pengendalian *half step* pergerakan dari motor lebih halus daripada menggunakan pengendalian dengan pengendalian *full step*.

*Half Step* adalah cara mengendalikan *motor stepper* sehingga menghasilkan pergerakan motor yang lebih halus. Karena pergerakan rotor dalam *motor stepper* yang bergerak dengan sudut sebesar  $\frac{1}{2}$  derajat dari besar sudut antara 2 buah kutub (*coil*) yang berdekatan, sehingga pergerakan yang dihasilkan lebih halus. [7]

**Tabel 2.2** Pergerakan *Half Step* [7]

Step	Coil 4	Coil 3	Coil 2	Coil 1	Pergerakan Motor
1	1	0	0	0	
2	1	1	0	0	
3	0	1	0	0	
4	0	1	1	0	

*Full step* adalah cara mengendalikan *motor stepper* sehingga dihasilkan pergerakan motor namun tidak sehalus pergerakan *half step*. Hal ini disebabkan karena pergerakan rotor dalam motor

stepper yang bergerak per 1 buah kutub (*coil*). Untuk lebih jelas, konfigurasi motor stepper dengan pengendalian *full step* untuk setiap pergerakan motor adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Pergerakan *Full Step* <sup>[7]</sup>

Step	Coil 4	Coil 3	Coil 2	Coil 1	Pergerakan Motor
1	1	0	0	0	
2	0	1	0	0	
3	0	0	1	0	
4	0	0	0	1	

## 2.6 Programmable Logic Controller (PLC)

### 2.6.1 Pengertian Programmable Logic Controller (PLC)

Pada masa ini perusahaan industri berharap bisa menghasilkan jumlah produksi yang maksimal dengan penekanan jumlah pekerja supaya lebih efisien. Maka perusahaan industry memerlukan sistem kontrol otomatis yang akan membantu untuk meningkatkan jumlah produksi mereka tanpa harus mempekerjakan lebih banyak pegawai sehingga proses produksi akan menjadi lebih efektif dan efisien. Salah satu peralatan otomatis yang saat ini banyak digunakan adalah PLC. PLC merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan *relay* yang digunakan pada kendali konvensional. PLC bekerja dengan cara mendeteksi masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai dengan yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (*logic*, 0 atau 1, hidup atau mati).

Pengguna membuat program yang kemudian program tersebut akan dijalankan oleh PLC .



**Gambar 2.9** *Programmable Logic Controller (PLC)* <sup>[8]</sup>

Untuk menetapkan penggolongan PLC, perlu terlebih dahulu dipilih kriterianya, salah satu kriteria yang penting adalah jumlah maksimum dari port masukan / keluaran. Kriteria ini akan memberikan informasi mengenai kemampuan PLC, karena makin banyak I/O port yang dapat dikendalikan maka jumlah memory yang diperlukan juga makin besar, sehingga diperlukan pula CPU yang lebih cepat. Dengan menggunakan kriteria ini maka akan diperoleh penggolongan PLC sebagai berikut :

1. Skala Micro yaitu 15 hingga 64 I/O
2. Skala kecil yaitu diantara 64 hingga 128 port I/O
3. Skala menengah yaitu diantara 128 hingga 512 port I/O
4. Skala besar yaitu lebih dari 512 port I/O

PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati dan sesuai dengan perintah yang telah

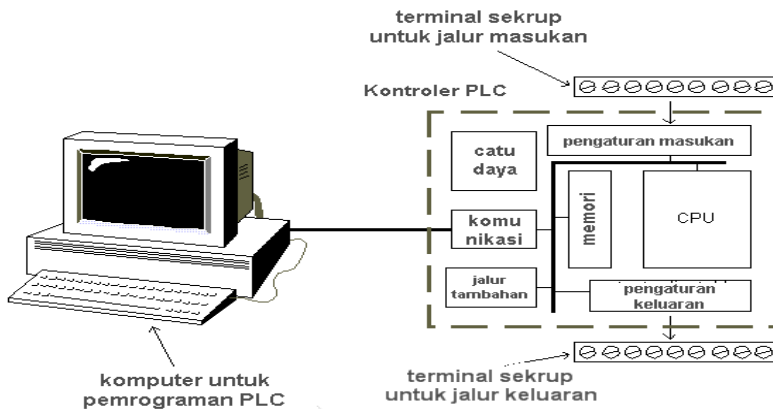
disimpan dalam memori. Beda PLC dan *relay* yaitu nomor kontak *relay* (NC atau NO) pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua instruksi dasar selain instruksi *output*. Jadi dalam suatu pemrograman PLC tidak diijinkan menggunakan *output* dengan nomor kontak yang sama <sup>[8]</sup>. Keistimewaan PLC dibandingkan dengan sistem kendali konvensional adalah seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.4** Perbedaan PLC dengan Sistem Kendali Konvensional

Sistem PLC	Sistem Kendali Konvensional
1. Wiring relatif sedikit	1. Wiring Relatif Kompleks
2. Maintenance mudah	2. Maintenance lama
3. Pelacakan kesalahan sistem sederhana	3. Pelacakan kesalahan sistem kompleks
4. Konsumsi daya relatif rendah	4. Konsumsi daya relatif tinggi
5. Dokumentasi gambar sistem lebih sederhana	5. Dokumentasi gambar lebih banyak
6. modifikasi sistem lebih sederhana	6. Modifikasi sistem kompleks

### 2.6.2 Komponen *Programmable Logic Controller*

PLC sesungguhnya merupakan system mikrokontroler khusus untuk industri, artinya seperangkat perangkat lunak dan keras yang diadaptasi untuk keperluan aplikasi dalam dunia industri. Elemen-elemen dasar sebuah PLC ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 2.10** Komponen Dasar PLC [8]

➤ **Central Processing Unit (CPU)**

Unit pengolahan pusat atau CPU merupakan otak dari sebuah kontroler PLC. CPU itu sendiri merupakan sebuah mikrokontroler (versi mini mikrokomputer lengkap). Pada awalnya merupakan sebuah mikrokontroler 8-bit, namun saat ini bisa merupakan mikrokontroler 16 atau 32-bit. CPU ini juga menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkoneksi antar bagianbagian internal PLC, eksekusi program, manajemen memori, mengawasi atau mengamati masukan dan memberikan sinyal kekeluaran (sesuai dengan proses atau program yang dijalankan). Kontroler PLC memiliki suatu rutin kompleks yang digunakan untuk memeriksa memori agar dapat dipastikan memori PLC tidak rusak, hal ini dilakukan karena alasan keamanan. Hal ini bisa dijumpai dengan adanya indikator lampu pada bagian badan PLC sebagai indicator terjadinya kesalahan atau kerusakan.

➤ **Memori**

Memori sistem digunakan oleh PLC untuk sistem kontrol proses. Selain berfungsi untuk menyimpan sistem

operasi, juga digunakan untuk menyimpan program yang harus dijalankan, dalam bentuk biner, hasil terjemahan diagram tangga yang dibuat oleh pengguna atau pemrogram. Isi dari memori *flash* tersebut dapat berubah bahkan dapat juga dikosongkan atau dihapus, jika memang dikehendaki seperti itu. Tetapi yang jelas, dengan penggunaan teknologi *flash*, proses penghapusan dan pengisian kembali memori dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Pemrograman PLC biasanya dilakukan melalui kanal sebuah komputer yang bersangkutan. Memori pengguna dibagi menjadi beberapa blok yang memiliki fungsi khusus. Beberapa bagian memori digunakan untuk menyimpan status masukan dan keluaran. Status yang sesungguhnya dari masukan dan keluaran disimpan sebagai logika atau bilangan '0' dan '1' (dalam lokasi bit tertentu). Masing-masing masukan dan keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori. Sedangkan bagian lain dari memori digunakan dalam program yang dituliskan. Misalnya, nilai pewaktu atau pencacah bisa disimpan dalam bagian memori ini<sup>[8]</sup>.

### ➤ **Pemrograman PLC**

Kontroler PLC dapat diprogram melalui komputer, tetapi juga bias diprogram melalui program manual, yang biasa disebut dengan konsol (*console*). Untuk keperluan ini dibutuhkan perangkat lunak, yang biasanya tergantung pada produk PLC -nya. Dengan kata lain, masing-masing produk PLC membutuhkan perangkat lunak sendiri-sendiri. Hampir semua produk perangkat lunak untuk memprogram PLC memberikan kebebasan berbagai macam pilihan seperti memaksa saklar (masukan atau keluaran) bernilai ON atau OFF, melakukan pengawasan program secara *real-time*, termasuk pembuatan dokumentasi diagram tangga yang bersangkutan. Dokumentasi diagram tangga ini diperlukan untuk memahami program sekaligus dapat digunakan untuk pelacakan kesalahan. Pemrograman dapat memberikan nama



pada piranti masukan maupun keluaran, komentar-komentar pada blok diagram dan lain sebagainya. Dengan pemberian dokumentasi maupun komentar pada program, maka akan mudah nantinya dilakukan pembenahan (perbaikan atau modifikasi) program dan pemahaman terhadap kerja program diagram tangga tersebut <sup>[8]</sup>.

#### ➤ **Catu Daya PLC**

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya keseluruhan bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 V DC atau 220 V AC. Beberapa PLC catu dayanya terpisah (sebagai modul tersendiri). Yang demikian biasanya merupakan PLC besar, sedangkan untuk PLC medium dan kecil, catu dayanya sudah menyatu. Pengguna harus menentukan berapa besar arus yang diambil dari modul keluaran/masukan untuk memastikan catu daya yang bersangkutan menyediakan sejumlah arus yang memang dibutuhkan. Tipe modul yang berbeda menyediakan sejumlah besar arus listrik yang berbeda. Catu daya listrik ini biasanya tidak digunakan untuk memberikan catu daya langsung kemasukan maupun keluaran, artinya masukan dan keluaran murni merupakan saklar (baik murni maupun *optoisolator*). Pengguna harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC. Cara seperti ini akan menyelamatkan PLC dari kerusakan yang diakibatkan oleh lingkungan industri dimana PLC digunakan karena adanya catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

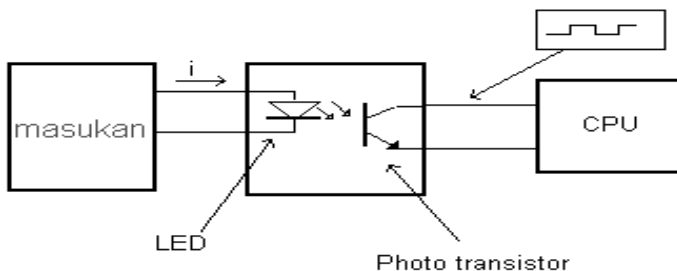
#### ➤ **Masukan-masukan PLC**

Kecanggihan sistem otomasi sangat bergantung pada kemampuan sebuah PLC untuk membaca sinyal dari berbagai jenis sensor dan piranti-piranti lainnya. Untuk mendeteksi proses atau kondisi atau status suatu keadaan atau proses yang sedang terjadi. Misalnya, berapa cacah

barang yang sudah diproduksi, ketinggian permukaan air, tekanan udara dan lain sebagainya, maka dibutuhkan sensor-sensor yang tepat untuk masing-masing kondisi atau keadaan yang akan dideteksi tersebut. Dengan kata lain, sinyal-sinyal masukan tersebut dapat berupa *logic* (ON atau OFF) maupun analog. PLC kecil biasanya hanya memiliki jalur masukan digital saja, sedangkan yang besar mampu menerima masukan analog melalui unit khusus yang terpadu dengan PLC -nya. Salah satu analog yang sering dijumpai adalah sinyal arus 4 hingga 20 mA (atau mV) yang diperoleh dari berbagai macam sensor [8].

### ➤ **Pengaturan atau Antarmuka Masukan**

Antar muka masukan berada diantara jalur masukan yang sesungguhnya dengan unit CPU. Tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU itu sendiri. Modul antar muka masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar ke sinyal-sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU yang bersangkutan (misalnya, masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24 V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5 V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU). Hal ini dengan mudah bisa dilakukan menggunakan rangkaian *optoisolator*.



**Gambar 2.11** Rangkaian antarmuka masukan PLC [8]

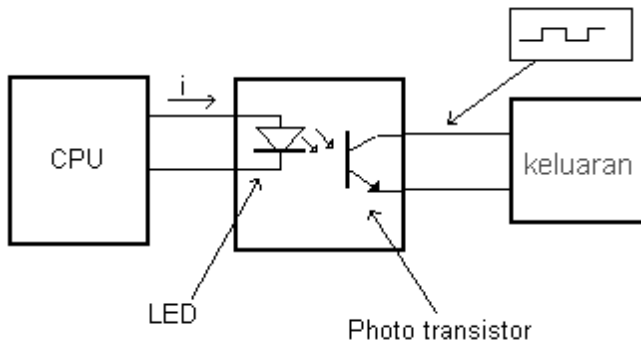
Penggunaan optoisolator artinya tidak ada hubungan kabel sama sekali antara dunia luar dengan unit CPU. Secara ‘optik’ dipisahkan, atau dengan kata lain, sinyal ditransmisikan melalui cahaya. Kerjanya sederhana, piranti eksternal akan memberikan sinyal untuk menghidupkan LED (dalam optoisolator), akibatnya *phototransistor* akan menerima cahaya akan menghantarkan arus (*ON*), CPU akan melihatnya sebagai logika nol (catu antara kolektor dan emitor drop dibawah 1 volt). Begitu juga sebaliknya, saat sinyal masukan tidak ada lagi, maka LED akan mati dan *phototransistor* akan berhenti menghantar (*OFF*), CPU akan melihatnya sebagai logika satu.

➤ **Keluaran - keluaran PLC**

Sistem otomasi tidak akan lengkap jika tidak ada fasilitas keluaran untuk menghubungkan dengan alat-alat *eksternal* (yang dikendalikan). Beberapa alat atau piranti yang sering digunakan adalah motor, solenoid, relai, lampu indicator dan lain sebagainya. Keluaran ini dapat berupa analog maupun digital. Keluaran analog bertingkah seperti sebuah saklar, menghubungkan dan memutuskan jalur. Keluaran analog digunakan untuk menghasilkan keluaran analog (misalnya, perubahan tegangan untuk pengendalian motor secara regulasi linier sehingga diperoleh kecepatan putar tertentu).

➤ **Pengaturan atau Antarmuka Keluaran**

Sebagaimana pada antar muka masukan, keluaran juga membutuhkan antar muka yang sama yang digunakan untuk memberikan perlindungan antara CPU dengan peralatan eksternal. Cara kerjanya juga sama, yang menyalakan LED didalam optoisolator sekarang adalah CPU, sedangkan yang membaca status *photo transistor*, apakah menghantarkan arus atau tidak, adalah peralatan atau piranti eksternal.



**Gambar 2.12** Rangkaian antarmuka keluaran PLC <sup>[8]</sup>

### 2.6.2 Hasil yang diperoleh dengan menggunakan PLC.

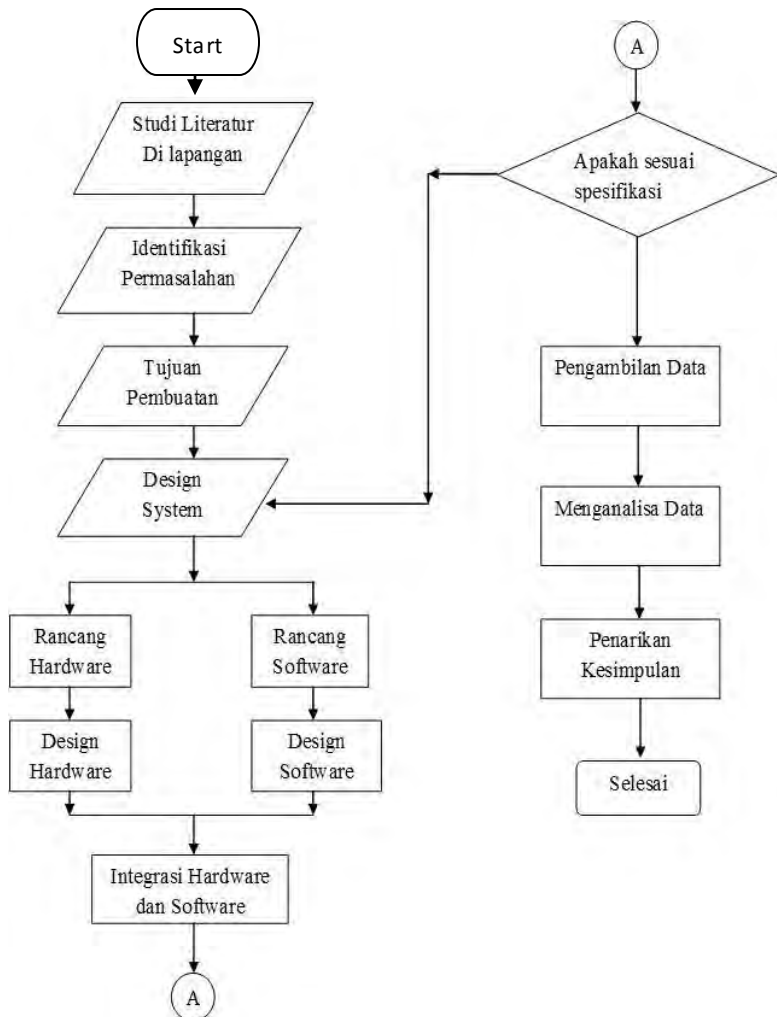
PLC, dirancang dan dikonstruksi dengan kemampuan untuk tetap dapat bekerja pada lingkungan Industri yang cukup berat dan kasar, suatu lingkungan industri dengan kondisi temperatur yang cukup tinggi, kelembaban udara yang tinggi, pengaruh vibrasi serta kondisi noise dan kejutan-kejutan yang timbul oleh bekerjanya mesin/motor atau peralatan listrik lainnya. Dengan memanfaatkan PLC sebagai alat untuk melaksanakan proses control mesin-mesin Industri dapat diperoleh kelebihan /keuntungan sebagai berikut:

1. Dapat bekerja dengan cukup aman, handal serta cukup fleksibel karena dapat dihubungkan dan berkomunikasi dengan peralatan kontrol lainnya.
2. Mudah untuk mengubah program atau rancangan dari rangkaian proses kontrol.
3. Dapat mengurangi/menghemat pemakaian kawat/kabel kontrol serta tidak memerlukan tempat yang luas dalam penginstalaiannya walaupun proses kontrol yang dikontrol cukup rumit .
4. Mempunyai bahasa program yang mudah dimengerti dan sederhana dalam penggambaran diagram kontrolnya.
5. Mudah dalam perawatan dan perbaikan serta mudah dalam melaksanakan pengembangan dan perluasan kontrol proses produksi.

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1. *Flowchart Perancangan Alat Tugas Akhir*

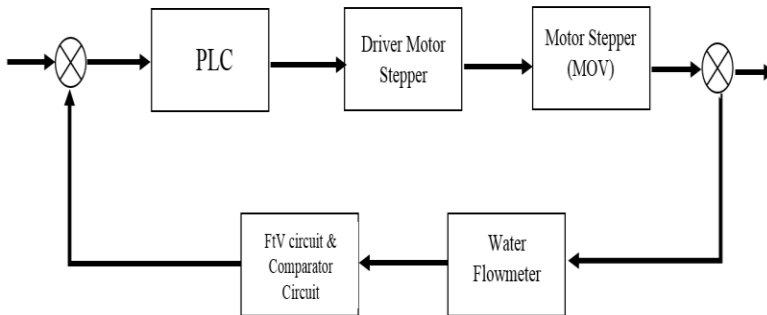
Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.1.** *Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir*

### 3.2 Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini akan dirancang, Rancang Bangun Sistem pengendalian *flow* dengan *motor operated valve* (MOV) berbasis PLC. Pada perancangan sistem pengendalian *flow* terintegrasi dengan pengendalian *level* dan *temperature*.

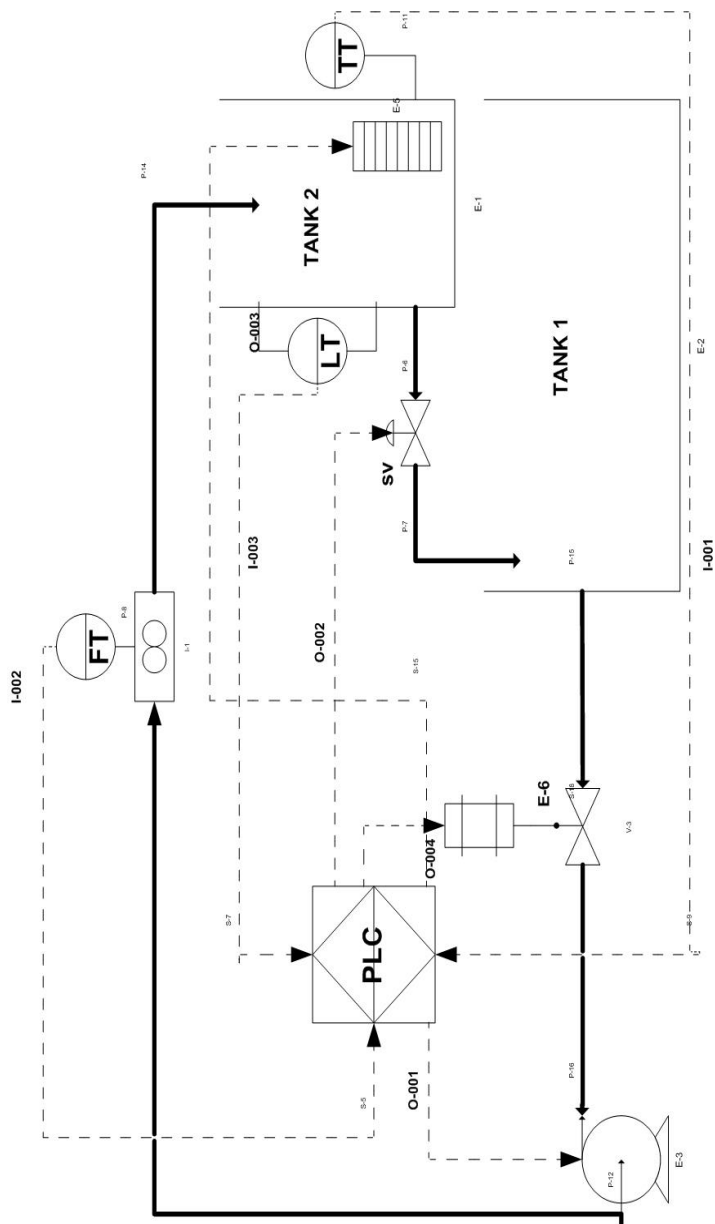


**Gambar 3.2.** Diagram Blok Sistem Pengendalian flow

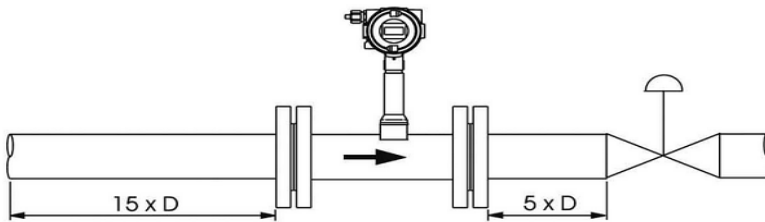
### 3.3 Perancangan Sistem *Process Control Plant*

Sistem yang dirancang untuk tugas akhir ini yaitu pembuatan modul praktikum mata kuliah PLC dengan membuat *process control system plant*. Pada *process control system plant* ini, terdapat 3 variabel yang dikendalikan yaitu aliran (*flow*), ketinggian (*level*) dan suhu (*temperature*). Dimana cara kerjanya saling mempengaruhi satu sama lain.

Dalam perancangan *plant process control system* ini, sistem pengendalian *flow* tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Pada pengendalian *flow* ini, terdapat 2 *instrument* yaitu *water flowmeter* sebagai sensor (*input*) dan *motor operated valve* (MOV) sebagai aktuator (*output*). Dalam pemasangan *water flowmeter* dan MOV ini tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Terdapat standar yang harus dilakukan dalam pemasangannya yaitu jarak pemasangan antar *instrument* ini. Hal ini sangat penting untuk dilakukan agar sistem pengendalian *flow* dapat berjalan dengan baik dan terhindar dari turbulensi. Adapun standar jarak pemasangan *water flowmeter* dan MOV sesuai dengan gambar 3.4.



**Gambar 3.3.** *Process control system plant*



**Gambar 3.4.** Standar installasi pemasangan *flowmeter*

Dari gambar 3.4, diketahui standar pemasangan *water flowmeter* dari *control valve* yaitu  $15 \times \text{diameter pipa}$ .

$$X = 15 \times \text{Diameter Pipa}$$

Dimana plant ini menggunakan pipa berukuran 1 inch (2,54 cm). Maka panjang X pada plant yaitu :

- Panjang X ( jarak antara *water flowmeter* dan *valve* )

$$X = 15 \times 2,54 \text{ cm}$$

$$X = 38,1 \text{ cm}$$

Cara kerja *process control system plant* ini yaitu sebagai berikut :

- Plant* akan aktif setelah tombol *START* diaktifkan. Setelah itu *sensor level low* (LL) pada tangki 2 akan aktif dikarenakan tangki masih kosong.
- Saat *sensor level low* (LL) aktif, maka akan mengaktifkan MOV agar mulai bekerja dan pompa akan aktif setelah 20 detik
- MOV akan aktif dan terbuka secara presisi hingga mencapai *set point* yang diharapkan. saat hasil pengukuran flowmeter sudah sesuai dengan *setpoint flow high* (FH), maka MOV akan berhenti bergerak dan mempertahankan posisinya.
- Pompa akan aktif dan MOV akan mempertahankan posisi bukaan selama *level high* (LH) belum tercapai. Saat



- level high* (LH) tercapai, maka pompa akan mati dan MOV akan bergerak untuk menutup.
- e) MOV akan berhenti bergerak untuk menutup ketika timer 30 detik tercapai
  - f) Pada saat *level high* (LH) aktif, maka *heater* akan menyala hingga *setpoint* dari suhu tercapai.
  - g) Setelah suhu tercapai, maka *solenoid valve* akan aktif dan menguras tangki 2 dan membuang air ke tangki 1 lagi.

### 3.4 Perancangan *Motor Operated Valve* (MOV)

*Motor operated valve* (MOV) adalah *valve* yang dikontrol secara elektrik menggunakan *motor stepper* atau motor lainnya. Beda seperti *solenoid valve* yang hanya memiliki 2 kondisi pengendalian, yaitu *open* atau *close* saja. MOV mampu mengendalikan *valve* sesuai dengan presentasi bukaan yang diinginkan oleh *user*, mulai dari bukaan 0% hingga 100%. MOV ini digerakkan oleh *motor stepper* type Sanyo Denki 103H6707 – 0741. Spesifikasi dari *motor stepper* Sanyo Denki 103H6707 – 0741 ini adalah :

- *Power supply* 12 VDC
- DC 3 Ampere
- 1,8 *degree / step*
- *Bipolar motor stepper*.



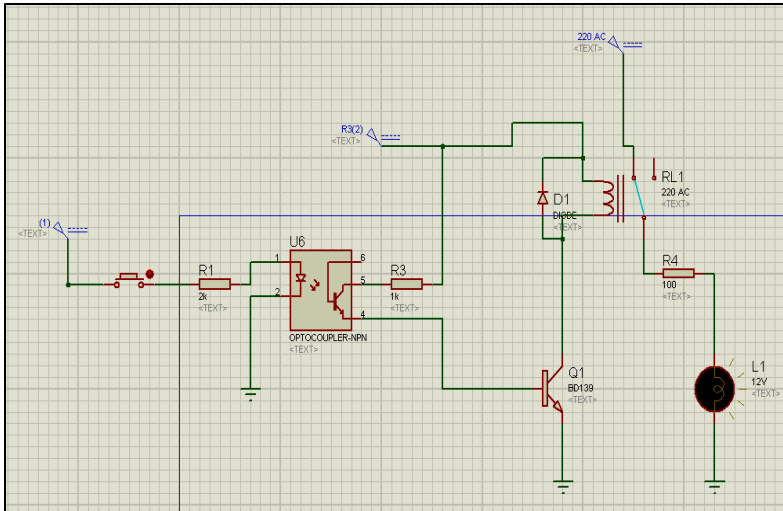
**Gambar 3.5** *Motor operated valve (MOV)*

Sedangkan untuk spesifikasi *valve* yang digunakan yaitu *valve* kuningan dengan diameter 1 inch dan *valve* bertipe *gate valve*. Dari kondisi pembukaan 0% ke 100% memerlukan 5 kali putaran 360°. *valve* jenis gerbang dan jenis globe merupakan jenis *valve* yang cukup baik dan relatif lebih mudah untuk dimodifikasi menjadi *valve* yang terkontrol menggunakan *motor stepper*, dimana posisi pembukaan *valve* tersebut dapat diatur dengan sistem terprogram menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*). Tujuan dari pengaturan posisi pembukaan *valve* tersebut untuk mengontrol aliran dari zat cair pada suatu proses kontrol sesuai dengan deskripsi dari proses kontrol yang telah ditetapkan.

### 3.5 Perancangan *Driver Relay Pompa Air*

*Driver relay pompa air* diperlukan untuk sistem *safety* pada output PLC. *Driver* ini mencegah adanya kontak langsung PLC dengan rangkaian output agar saat terjadi hal – hal yang tidak diinginkan tidak menyebabkan hal fatal terutama pada PLC. *Driver relay* ini juga berguna dalam pengaktifan pompa, dikarenakan

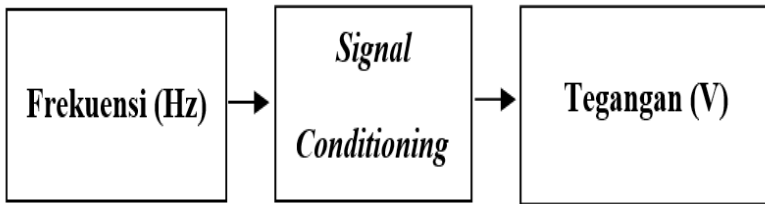
output PLC yaitu 24 VDC sedangkan untuk mengaktifkan pompa memerlukan 220 VAC.



**Gambar 3.6** Driver Relay Pompa

### 3.6 Perancangan Pengkondisian sinyal *Water Flowmeter*

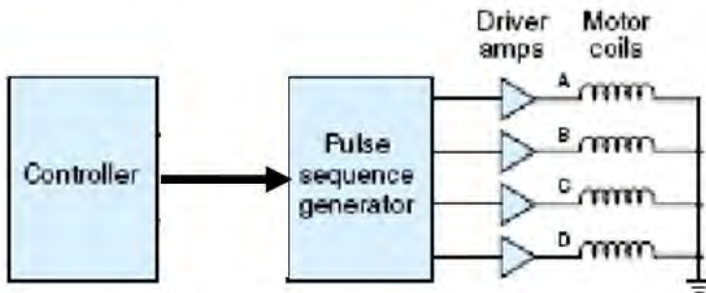
Rangkaian pengkondisian sinyal sangat diperlukan untuk menghubungkan *water flowmeter* dengan PLC. Hal ini dikarenakan output yang dihasilkan *water flowmeter* yaitu berupa frekuensi (Hz). Dengan adanya rangkaian pengkondisian sinyal ini, maka output dari *water flowmeter* yang berupa frekuensi dapat dirubah ke dalam besaran tegangan (V). Dimana *water flowmeter* dalam *plant* ini berfungsi sebagai *input*.



**Gambar 3.7** Pengkondisian sinyal *water flowmeter*

### 3.7 Perancangan *Driver Motor Stepper* pada MOV

Rangkaian *driver motor stepper* dibutuhkan untuk memberikan energi (*energizing*) pada pasangan-pasangan kumparan lebih besar dari kemampuan *I/O port*, terdapat dimana rangkaian ini berisi 4 rangkaian yang diparalel. Setiap 1 rangkaian dihubungkan ke masing – masing kutub kumparan pada *motor stepper*. *Motor stepper* pada plant ini dipasang pada *gate valve* yang berguna sebagai aktuatur pengendalian *flow*.



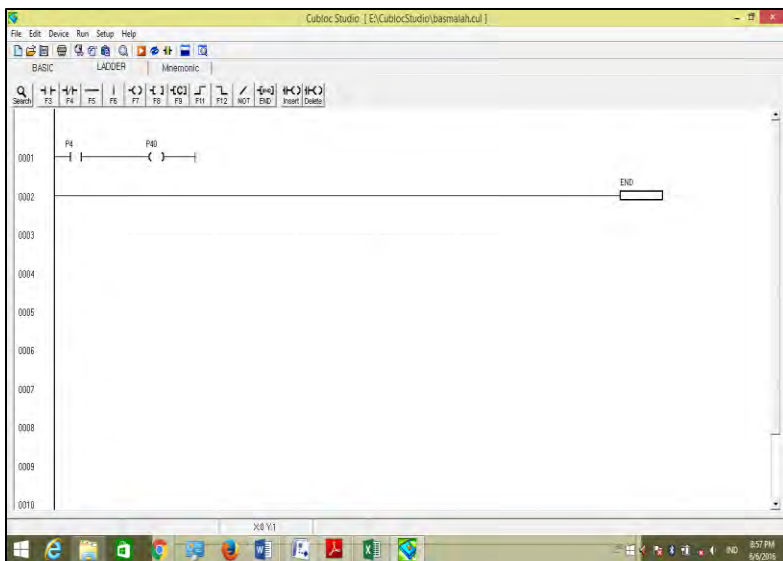
**Gambar 3.8** Diagram blok rangkaian *driver motor stepper*

### 3.8 Perancangan Program *Ladder Diagram*

Terdapat berbagai program untuk memprogram PLC, antara lain yaitu ladder diagram. Ladder diagram adalah *Ladder diagram* terdiri dari garis vertikal yang di sebut garis bar. Instruksi yang dinyatakan dengan simbol digambarkan dan disusun sepanjang garis horizontal dimulai dari kiri dan dari atas ke bawah. *Ladder*

*diagram* digunakan untuk menggambarkan rangkaian listrik dan dimaksudkan untuk menunjukkan urutan kejadian, bukan hubungan kabel antar komponen. Pada *ladder diagram* memungkinkan elemen-elemen elektrik dihubungkan sedemikian rupa sehingga keluaran (*output*) tidak hanya terbatas pada ketergantungan terhadap masukan (*input*) tetapi juga terhadap logika.

Software yang digunakan untuk memprogram PLC CUBLOC adalah software CUBLOC Studio.



**Gambar 3.9** CUBLOC Studio

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB IV

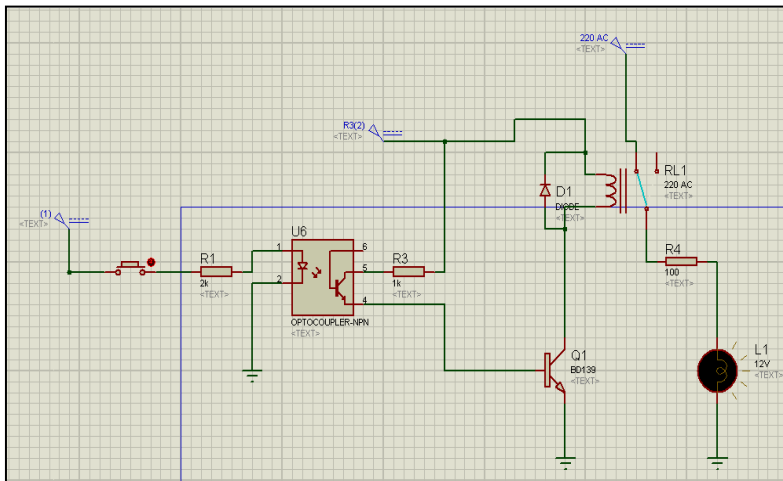
### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Data

Pada tugas akhir sistem pengendalian *flow* ini dilakukan uji pada sistem dan dilakukan pengambilan data sensor *water flowmeter* dan pengendalian *motor operated valve* (MOV) serta uji coba pengendalian *flow*

#### 4.2 Driver Relay Pompa Air

Untuk mengaktifkan pompa air dengan PLC, maka diperlukan driver relay 220 VAC. Rangkaian ini bertujuan sebagai pengaman (*safety*) PLC dari rangkaian *output*. Cara kerja *driver* relay ini yaitu saat PLC memberikan logika *high* (1) pada *output*nya, maka akan ada tegangan yang mengalir pada rangkaian *driver* relay. Adanya optocoupler digunakan agar PLC terisolasi dari rangkaian luar dan sebagai *safety*. Saat optocoupler aktif, maka relay akan aktif dan mengaktifkan pompa tersebut



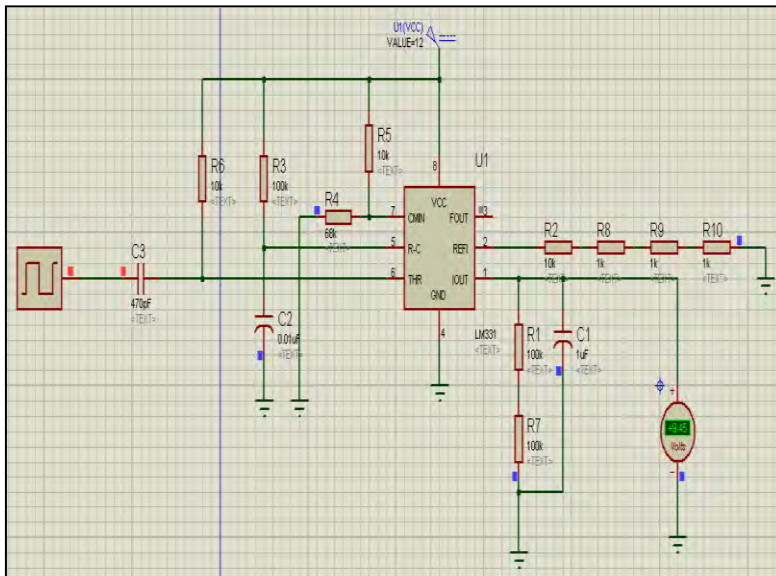
.Gambar 4.1 Driver Relay Pompa

### 4.3 Driver Water Flowmeter dan Rangkaian Komparator

Output dari *flowmeter* yang berupa frekuensi (Hz) perlu dirubah ke dalam tegangan agar bisa masuk ke PLC. Maka dari itu perlu adanya rangkaian pengkondisian sinyal *frekuensi to voltage* (FtV). Dari datasheet *water flowmeter* diketahui bahwa debit 1 Liter/menit akan menghasilkan frekuensi sebesar 4,8 Hz. Sementara range kerja dari *water flowmeter* yaitu 1 liter / menit hingga 60 liter / menit. Dengan rangkaian FtV, diharapkan nilai frekuensi 4,8 Hz (1 liter/menit) hingga 288 Hz (60 liter/menit) bisa dikonversi ke tegangan dengan range 0 volt hingga 10 volt.

Rangkaian FtV ini menggunakan LM331 untuk merubah frekuensi ke tegangan. Dimana persamaan yang sesuai dengan rangkaian FtV dibawah ini yaitu :

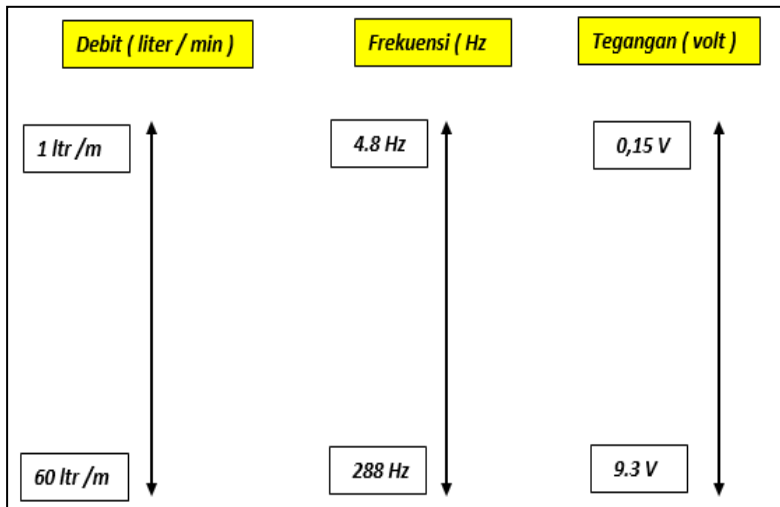
$$V = F / 1000 \times 1,9 \times 1,1 \times (200 / 13) \times 0,01 \times 100$$



**Gambar 4.2** Rangkaian *Frequency to Voltage* (FtV)



Dimana dari rangkaian FtV diatas menghasilkan 0,15 volt untuk frekuensi 4,8 Hz dan menghasilkan 9,3 volt untuk frekuensi 288 Hz.



**Gambar 4.3** Nilai konversi dari frekuensi ke tegangan

**Tabel 4.1** Output rangkaian *Frekuensi to Voltage* (FtV)

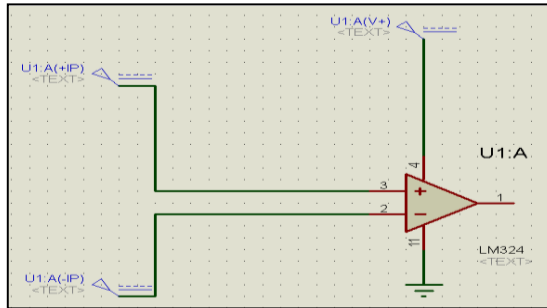
Debit (L/min)	Frek (Hz)	V out (Volt)	Debit (L/min)	Frek (Hz)	V out (Volt)
1	4.8	0.154338	31	148.8	4.784492
2	9.6	0.308677	32	153.6	4.938831
3	14.4	0.463015	33	158.4	5.093169
4	19.2	0.617354	34	163.2	5.247508
5	24	0.771692	35	168	5.401846
6	28.8	0.926031	36	172.8	5.556185
7	33.6	1.080369	37	177.6	5.710523
8	38.4	1.234708	38	182.4	5.864862
9	43.2	1.389046	39	187.2	6.0192

Lanjutan **Tabel 4.1** *Output rangkaian Frekuensi to Voltage (FtV)*

<b>Debit (L/min)</b>	<b>Frek (Hz)</b>	<b>V out (Volt)</b>	<b>Debit (L/min)</b>	<b>Frek (Hz)</b>	<b>V out (Volt)</b>
<b>10</b>	48	1.543385	<b>40</b>	192	6.173538
<b>11</b>	52.8	1.697723	<b>41</b>	196.8	6.327877
<b>12</b>	57.6	1.852062	<b>42</b>	201.6	6.482215
<b>13</b>	62.4	2.0064	<b>43</b>	206.4	6.636554
<b>14</b>	67.2	2.160738	<b>44</b>	211.2	6.790892
<b>15</b>	72	2.315077	<b>45</b>	216	6.945231
<b>16</b>	76.8	2.469415	<b>46</b>	220.8	7.099569
<b>17</b>	81.6	2.623754	<b>47</b>	225.6	7.253908
<b>18</b>	86.4	2.778092	<b>48</b>	230.4	7.408246
<b>19</b>	91.2	2.932431	<b>49</b>	235.2	7.562585
<b>20</b>	96	3.086769	<b>50</b>	240	7.716923
<b>21</b>	100.8	3.241108	<b>51</b>	244.8	7.871262
<b>22</b>	105.6	3.395446	<b>52</b>	249.6	8.0256
<b>23</b>	110.4	3.549785	<b>53</b>	254.4	8.179938
<b>24</b>	115.2	3.704123	<b>54</b>	259.2	8.334277
<b>25</b>	120	3.858462	<b>55</b>	264	8.488615
<b>26</b>	124.8	4.0128	<b>56</b>	268.8	8.642954
<b>27</b>	129.6	4.167138	<b>57</b>	273.6	8.797292
<b>28</b>	134.4	4.321477	<b>58</b>	278.4	8.951631
<b>29</b>	139.2	4.475815	<b>59</b>	283.2	9.105969
<b>30</b>	144	4.630154	<b>60</b>	288	9.260308

*Output* dari rangkaian FtV masih berupa sinyal analog dengan nilai *range* antara 0 VDC hingga 10 VDC. Sementara input dari PLC berupa sinyal digital. Spesifikasi *flow* maksimum yang bisa

diukur *water flowmeter* adalah 60 liter/menit. Maka dari itu diperlukan rangkaian pengkondisian sinyal berupa rangkaian komparator. Rangkaian komparator berfungsi untuk merubah sinyal analog ke sinyal digital dengan cara membandingkan  $V_{in}$  dari rangkaian FtV dengan  $V_{reff}$  sebagai *setpoint flow high*.



**Gambar 4.4** Rangkaian Komparator

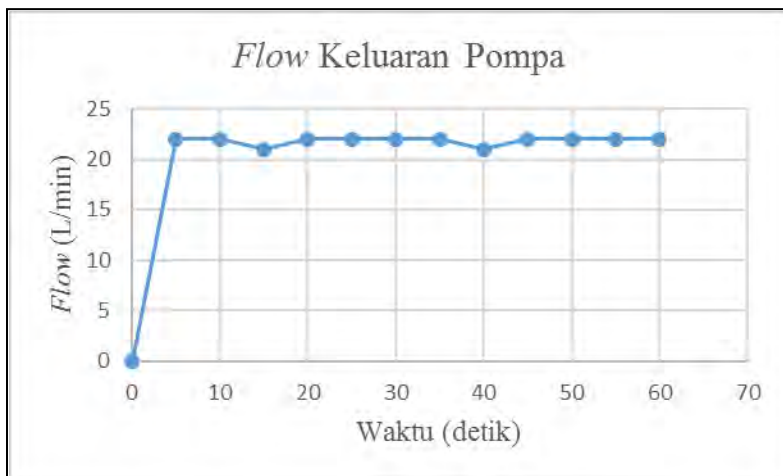
Penentuan nilai  $V_{reff}$  sebagai *setpoint flow high* berdasarkan rata – rata pengambilan data pengukuran *flow* keluaran dari pompa dari 12 kali pengambilan data setiap 5 detik selama 1 menit, didapatkan data seperti pada Tabel 3.2

**Tabel 4.2** Pengukuran tegangan FtV pada output pompa

waktu (detik)	Output FtV		Rata - rata output	
	tegangan (Volt)	Flow (liter/menit)	tegangan (volt)	Flow (liter/menit)
5	3.3	22	3.3	22
10	3.3	22		
15	3.2	21		
20	3.4	22		
25	3.2	22		
30	3.4	22		
35	3.3	22		

Lanjutan **Tabel 4.2** Pengukuran tegangan FtV pada output pompa

waktu (detik)	Output FtV		Rata - rata output	
	tegangan (Volt)	Flow (liter/menit)	tegangan (volt)	Flow (liter/menit)
40	3.2	21	3.3	22
45	3.3	22		
50	3.3	22		
55	3.4	22		
60	3.4	22		



**Gambar 4.5** Grafik *flow* keluaran pompa

Dari data yang didapatkan pada Tabel 3.2, didapatkan rata – rata sebesar 3,3 VDC atau sama dengan 22 liter / menit. maka ditentukan  $V_{ref}$  sebesar 2,8 Volt atau sama dengan 18 liter / menit sebagai *setpoint flow high* (FH). Maka kondisi yang diharapkan dari rangkaian komparator ini yaitu saat  $V_{in}$  (*output FtV*) lebih besar dari pada  $V_{ref}$  (*setpoint flow high*) maka akan bernilai 1 (*high*), jika  $V_{in}$  lebih kecil dari  $V_{ref}$  maka akan bernilai 0 (*Low*)

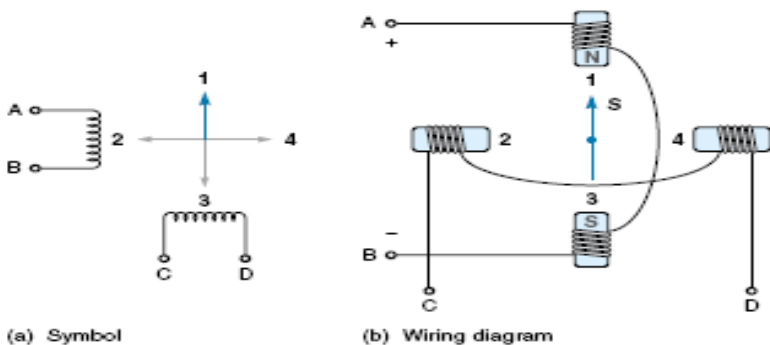
**Tabel 4.3** Tabel kebenaran *output* komparator

Kondisi	Logika	Tegangan
$V_{in} > V_{reff}$	1 (High)	24 VDC
$V_{in} < V_{reff}$	0 (Low)	0 VDC

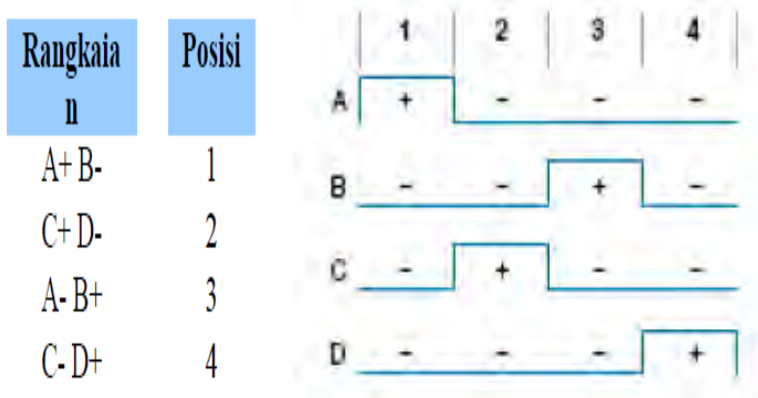
#### 4.4 Pengendalian *Driver Motor Stepper* pada MOV

Untuk menghubungkan motor stepper dengan piranti digital atau *I/O port* dibutuhkan rangkaian *interface*. Hal ini sangat penting karena jumlah arus yang diperlukan untuk memberikan energi (*energizing*) pada pasangan-pasangan kumparan lebih besar dari kemampuan *I/O port*, sehingga dibutuhkan sejumlah rangkaian penyangga (*buffer*) yang akan menguatkan arus untuk dapat menggerakkan *motor stepper*. Berikut ini adalah ilustrasi struktur motor stepper sederhana dan pulsa yang dibutuhkan untuk menggerakkannya.

*Driver motor stepper* ini menggunakan rangkaian darlington dengan menggunakan optocoupler 4n25 dan transistor mosfet IRF540. Penggunaan mosfet IRF540 pada rangkaian ini bertujuan agar transistor mampu bekerja dengan baik jika dialiri arus 3 ampere yang sesuai dengan spesifikasi *motor stepper* untuk mengaktifkannya.

**Gambar 4.6** Motor stepper dua-phase (bipolar)

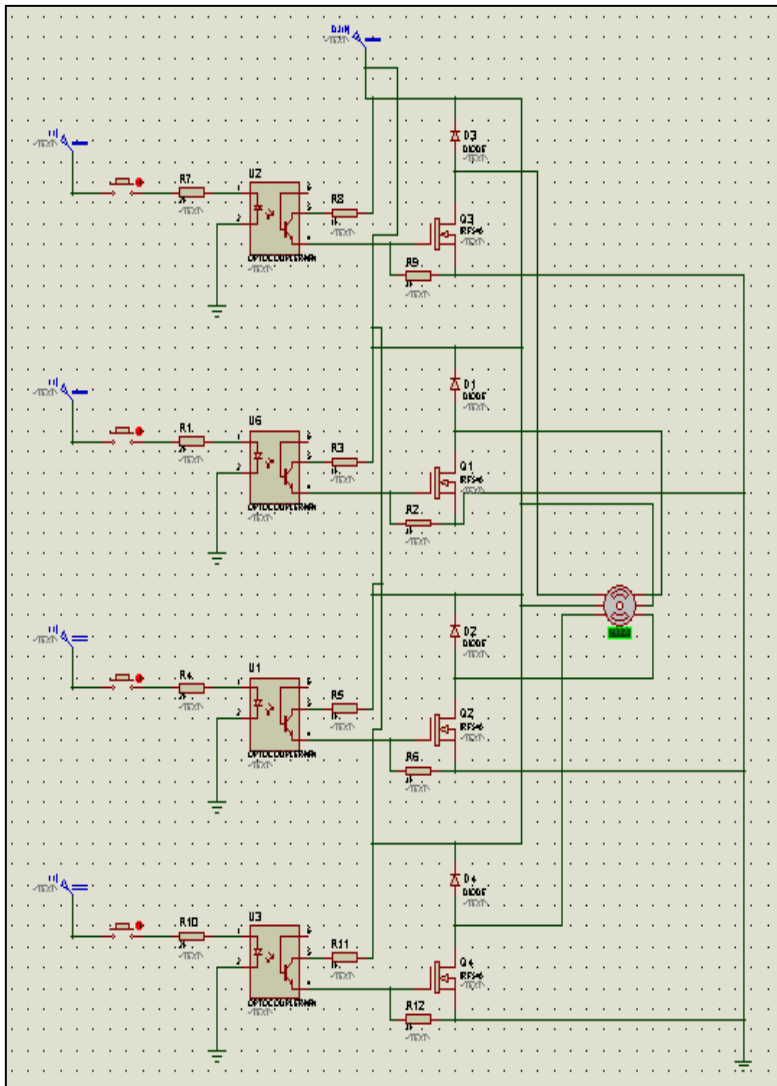
Motor stepper dua-phase (*bipolar*) mempunyai konstruksi yang mirip dengan jenis unipolar, hanya tidak terdapat *tap* pada kumparannya (gambar 3.7). Penggunaan motor stepper jenis bipolar memerlukan rangkaian yang agak lebih rumit untuk mengatur agar motor ini dapat berputar dalam dua arah. Motor stepper dua-phase (bipolar) hanya mempunyai dua rangkaian tetapi sebenarnya terdiri dari empat kutub medan. Cara yang paling sederhana dalam memberikan *step* pada motor ini adalah dengan memberikan energi secara bergantian pada AB atau CD untuk menarik rotor dari kutub ke kutub. Jika rotor bergerak CCW (*counterclockwise*, berlawanan arah jarum jam) dari posisi 1, maka rangkaian CD harus diberi energi dengan polaritas C+D-. Hal ini akan menarik rotor ke posisi 2. Selanjutnya, rangkaian AB diberi energi lagi, tetapi kali ini polaritasnya terbalik (-A+B), yang menyebabkan kutub bawah memberikan ujung utara pada rotor, dengan demikian tertarik ke posisi 3. Istilah bipolar digunakan pada motor ini karena arus kadang-kadang terbalik. Urutan tegangan diperlukan untuk memutar motor satu putaran penuh dan ditunjukkan di bawah ini. Pembacaan dari atas ke bawah memberikan urutan untuk peralihan/perputaran CCW, pembacaan dari bawah ke atas adalah urutan CW (*clockwise*)



**Gambar 4.7** Logika pengendalian *motor stepper*

**Tabel 4.4** Tabel kebenaran pengendalian *motor stepper*

<i>Open Valve</i>				<i>Close Valve</i>			
Orange	biru	kuning	merah	orange	biru	kuning	merah
0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
<i>dst.</i>				<i>dst.</i>			



**Gambar 4.8** Rangkaian darlington untuk *driver motor stepper*



Valve yang digunakan yaitu tipe *gate valve* dimana kondisi dari pembukaan 0% hingga pembukaan 100% yaitu 5 kali putaran 360°. Spesifikasi *motor stepper* yaitu 1,8° / *step*. Maka, *step* yang diperlukan untuk membuka valve 100% adalah sebagai berikut :

- **Pembukaan 100% valve**

$$\begin{aligned}\text{Pembukaan 100\% valve} &= 5 \times 360^\circ \\ &= 1800^\circ\end{aligned}$$

- ***Step* yang diperlukan untuk pembukaan 100% valve**

$$\begin{aligned}\text{Step} &= 1800^\circ : 1,8^\circ \\ \text{Step} &= 1000 \text{ step pulsa}\end{aligned}$$

- **Kecepatan setiap step**

$$\text{Kecepatan step} = 0,3 \text{ detik/step}$$

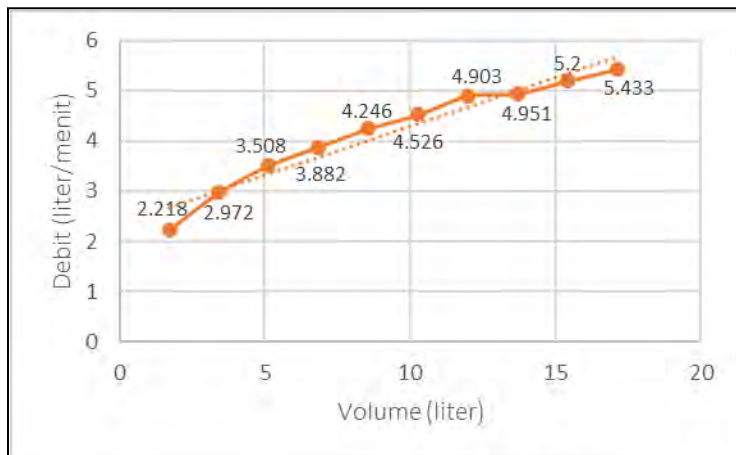
#### 4.5 Kalibrasi *Flowmeter*

Pengujian sensor *flow* membandingkan laju aliran yang dibaca oleh sensor *flow* dengan *volume* pada tangki ukur per satuan waktu. Pengambilan data dilakukan pada 10 titik dengan rentang yang sama, di mana setiap titik diukur sebanyak 5 kali data pembacaan naik dan 5 kali data pembacaan turun. Data pembacaan berulang dan perhitungan ketidakpastian hasil pengujian sensor *water flow* dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah 10 titik rentang *volume* dan laju aliran yang digunakan, yang selanjutnya nilai debit atau laju aliran tersebut digunakan sebagai nilai pembacaan standar untuk membanding laju aliran yang dibaca oleh sensor *waterflow*.

**Tabel 4.5** Data Pengukuran pada Tangki Ukur

No.	Alas Tangki (cm <sup>2</sup> )	Tinggi Cairan (cm)	Volume (liter)	Debit STD (liter/menit)
1	18,5 x18,5 = 342,25	5	1.711	2.218
2		10	3.423	2.972
3		15	5.134	3.508
4		20	6.845	3.882
5		25	8.556	4.246
6		30	10.27	4.526
7		35	11.979	4.903
8		40	13.69	4.951
9		45	15.401	5.2
10		50	17.112	5.433

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.5 di atas, diperoleh hubungan antara volume dengan laju aliran tersebut.

**Gambar 4.9** Grafik Hubungan Volume dan Laju Aliran

Adapun hasil pengukuran uji sensor *water flow* dapat dilihat pada pembacaan dalam tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.6** Data Pengujian Sensor *Water Flow*

No	Pembacaan STD (L/min)	Rata-Rata Pembacaan Alat (liter/menit)			Koreksi
		Naik	Turun	Rata-Rata	
1	2.218	1.808	1.86	1.834	0.384
2	2.972	2.498	2.59	2.544	0.428
3	3.508	3.05	3.022	3.036	0.472
4	3.882	3.534	3.562	3.548	0.334
5	4.246	3.964	4.008	3.986	0.26
6	4.526	4.38	4.328	4.354	0.172
7	4.903	4.648	4.626	4.637	0.266
8	4.951	4.77	4.78	4.775	0.176
9	5.2	4.946	5.024	4.985	0.215
10	5.433	5.126	5.236	5.181	0.252
<b>Jumlah</b>	<b>41.84</b>				<b>2.959</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>4.184</b>				<b>0.296</b>

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4.6 di atas dapat diketahui ketidakpastian pengukuran sensor. Hasil ketidakpastian pengukuran adalah sebagai berikut :

- $\sigma = 1,122 \text{ lt/menit}$
- $U_{A1} = 0,355 \text{ lt/menit}$
- $SSR = 0,28 \text{ lt/menit}$
- $U_{A2} = 0,187 \text{ lt/menit}$

e).  $U_{B1} = 0,003 \text{ lt/menit}$

f).  $U_C = 0,401 \text{ lt/menit}$

g).  $U_{exp} = 0,802 \text{ lt/menit}$

h).  $V_{eff} = 13,677$

Adapun perhitungan karakteristik statik dari sensor adalah sebagai berikut:

a). Resolusi = 0,01

b). Range = 1,7 – 17 liter

c). Rata-rata Error = 0,296 liter/menit

d). Error (%) = 7,07%

e). Akurasi = 0.92

f). Presisi = 0.908

#### 4.6 Pengendalian Flow dengan Motorized Operated Valve (MOV)

Pengendalian *flow* yaitu dengan metode mengendalikan pembukaan valve pada input pompa agar output pompa sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Dimana *setpoint* output pompa yang diinginkan yaitu 18 liter / menit sedangkan output awal pompa yaitu 22 liter/menit. Adapun metode yang digunakan dalam pengendalian *flow* adalah sebagai berikut :

- Pada saat *plant* diaktifkan, maka sensor *low level* (LL) pada tangki 1 akan aktif dikarenakan pompa yang masih kosong.
- Saat (*low level*) aktif, maka MOV akan bergerak membuka dan 30 detik kemudian pompa menyala.
- Pada saat pompa aktif, maka *flowmeter* yang berada di bagian *output* pompa akan mengukur berapa *flow* yang melewatinya.
- Gerakan membuka valve akan berhenti ketika *setpoint flow* telah tercapai

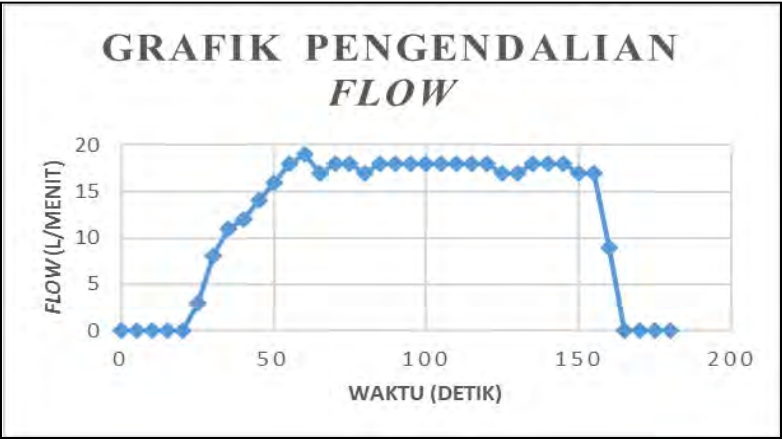
- Valve akan mempertahankan posisi pembukaannya hingga *level high* (LH) aktif.
- Saat *level high* (LH) aktif, selenoid akan aktif setelah 5 detik dan pompa akan mati

**Tabel 4.7** Respon Pengendalian *Flow*

Waktu (detik)	Flow (L/min)	Kondisi Valve	Pompa
5	0	OPEN	OFF
10	0		
15	0		
20	0		
25	3		ON
30	8		
35	11		
40	12		
45	14		
50	16		
55	18	STOP	
60	18		
65	18		
70	19		
75	18		
80	18		
85	17		
90	18		
95	18		
100	18		

Lanjutan **Tabel 4.7** Respon Pengendalian *Flow*

Waktu (detik)	Flow (L/min)	kondisi valve	pompa
105	18	STOP	ON
110	18		
115	18		
120	18		
125	18		
130	18		
135	17		
140	17		
145	18		
150	18		
155	17		
160	9		OFF
165	0		
170	0		
175	0		
180	0		



**Gambar 4.10** Grafik pengendalian *flow*

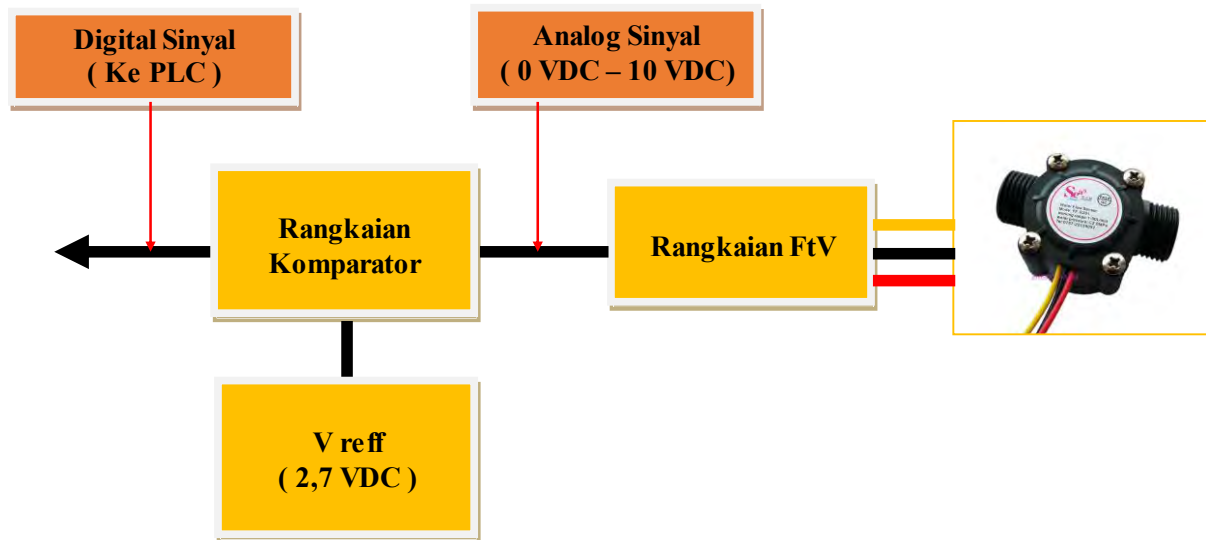
#### 4.7 Pembahasan

Dilakukan pengujian pengendalian *flow* dengan menggunakan aktuator MOV. MOV diletakkan pada *input* pompa dan tangki penampung, sedangkan *flowmeter* dipasang pada *output* pompa. *Flowmeter* yang digunakan yaitu *flowmeter* ukuran 1" dengan range kerja antara 0 liter/menit hingga 60 liter/menit. Output dari water flowmeter ini berupa frekuensi, maka dari itu diperlukan rangkaian pengkondisian sinyal berupa rangkaian *Frequency to voltage* (FTV). Dengan rangkaian FTV, range kerja *water flowmeter* antara 0 hingga 60 liter/menit diubah menjadi 0 VDC hingga 9 VDC. Output dari rangkaian FTV ini masih berupa sinyal analog dan perlu dikondisikan menjadi sinyal digital agar mampu diproses oleh PLC. Maka diperlukan rangkaian komparator agar sinyal analog menjadi sinyal digital. Cara kerja rangkaian komparator yaitu membandingkan  $V_{in}$  dengan  $V_{ref}$ .  $V_{in}$  adalah output dari rangkaian FTV yang memiliki *range* 0 VDC hingga 9 VDC sesuai dengan Tabel 3.1, sedangkan  $V_{ref}$  adalah *setpoint* yang ditentukan dengan membuat rangkaian pembagi tegangan dengan output 2,7 VDC. Dimana logika yang dihasilkan dari rangkaian komparator yaitu saat  $V_{in}$  lebih dari  $V_{ref}$ , maka output akan menghasilkan logika 1 (*high*) dengan nilai 24 VDC. Jika  $V_{in}$  lebih kecil dari pada  $V_{ref}$ , maka *output* akan menghasilkan logika 0 (*low*) dengan nilai 0 VDC. Untuk rangkaian *driver* MOV menggunakan rangkaian darlington, transistor yang digunakan sebagai saklar yaitu tipe IRF540N yang mampu bekerja hingga arus 20 A, sedangkan beban motor yang digunakan yaitu 3 A. Cara pengendalian MOV yaitu sesuai dengan Tabel 4.5. Dari kalibrasi yang dilakukan, diketahui *error flowmeter* sebesar 2,86 % dengan *maximum overshoot* yaitu 23 liter. Pengendalian aliran yang dilakukan yaitu mengatur *input* pompa agar *output* pompa sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan. Spesifikasi output aliran pompa yaitu 22 liter / menit. Sedangkan *setpoint* yang diinginkan yaitu 18 liter / menit. Metode pengendalian yang dilakukan yaitu saat *level low* (LL) aktif, maka MOV akan bergerak membuka serta 30 detik kemudian pompa

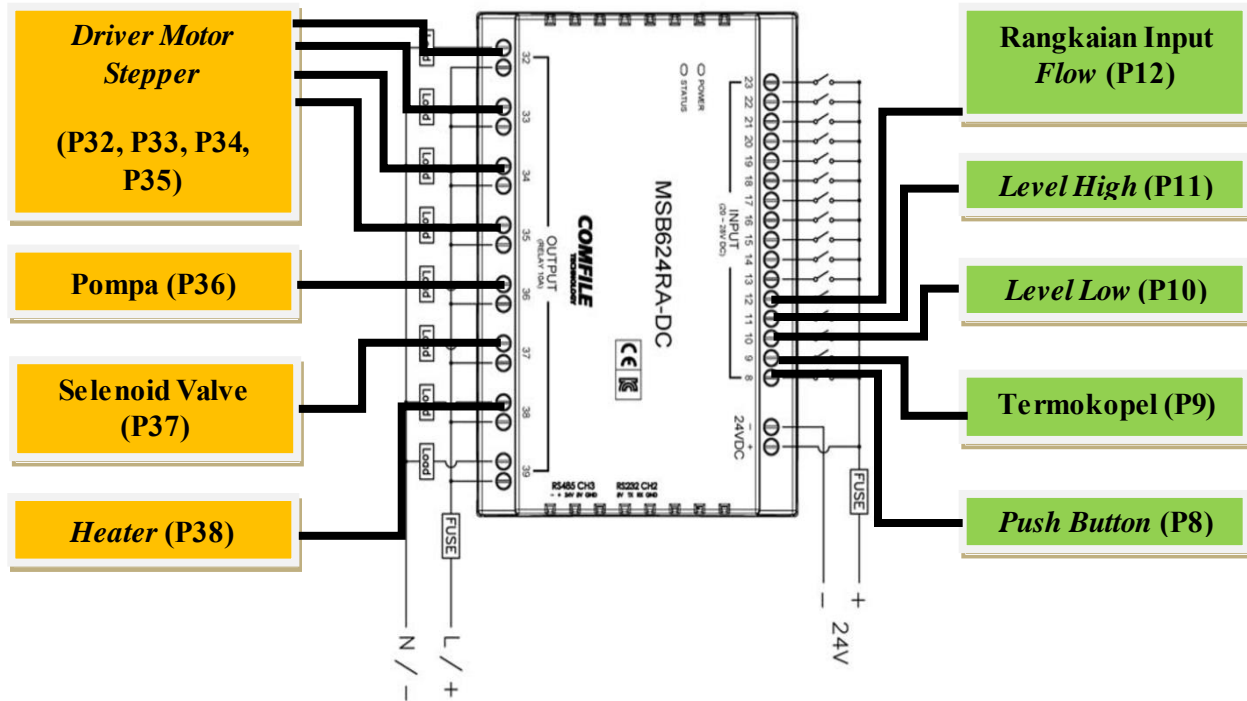
baru aktif. Pada saat pompa menyala, MOV akan terus bergerak membuka hingga *flow* mencapai *setpoint* yang ditentukan yaitu 18 liter/ menit. Dari Tabel 4.6, diketahui waktu yang diperlukan MOV bergerak hingga *setpoint flow* tercapai yaitu 50 detik. Dari Tabel 4.6 , diketahui pengukuran pada output FtV menunjukkan bahwa *flow* tetap stabil bernilai 18 liter/menit hingga *level high* aktif dan pompa mati.



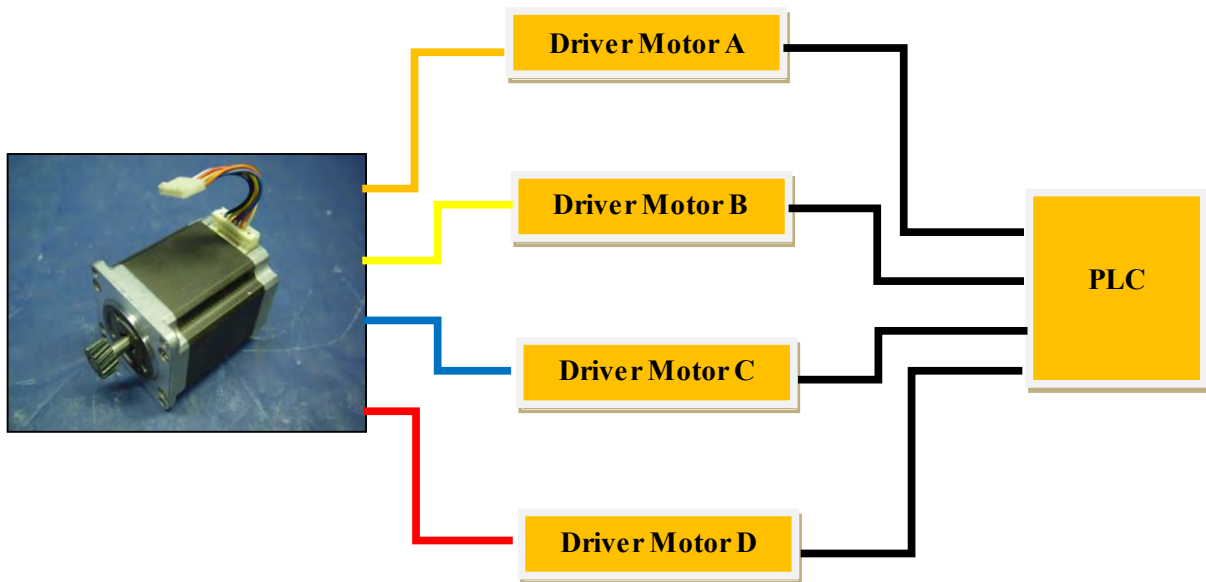
## Lampiran A



**Gambar A.1** Rangkaian Input *Flow*



Gambar A.2 Wiring PLC



**Gambar A.3** *Driver Motor Stepper*

## LAMPIRAN B

COMFITE Technology [www.ComfiteTech.com](http://www.ComfiteTech.com)

### MSB624RA-DC User's Manual



Thank you for your purchase from Comfite Technology.  
Before making use of this product please be sure to read and observe all safety precautions.

#### Warning

- For instruments with risk to life or property (e.g. nuclear power control, medical equipment, vehicles, railways, aviation, combustion equipment, navigation equipment, safety devices, etc.), always employ adequate fail-safe mechanisms.
- Risk of fire, personal injury, and/or property damage.
- Always mount to a panel.
- Do not attempt to repair, inspect, or wire while power is applied.
- Do not attempt to alter or repair. Refer to a qualified technician.
- Confirm all electrical connections.

#### Caution

- Do not use outdoors.
- Always use the product within its specifications and ratings.
- Do not exceed ratings of relay switching contacts.
- Does not use in environments with flammable or explosive materials, moisture, direct sunlight, radiation, vibration and/or shock.
- Keep product free of dust and debris.
- Make connections correctly and confirm polarity by measuring at the appropriate terminals.

CE/KC



This product is intended for small-scale automation, standalone applications suitable for a Cubloc controller.

#### About the MSB Series



The Cubloc core module, in semiconductor form, can be mounted to a PCB. This is advantageous, as users can integrate the Cubloc into a custom PCB design in a manner that suits their needs.

However, to a user without PCB fabrication skills, a custom PCB design can be quite difficult. This user must also have the know-how to implement the necessary input and output circuitry.

The MSB series was designed to make it easy for users to employ the Cubloc without having to have professional PCB fabrication technology and skills.

The MSB series can be installed in the field, have its input and output terminal blocks wired, and can be used just like existing PLCs.

#### MSB User's Manual Composition

For BASIC or Ladder Logic programming, please refer the Cubloc BASIC User's Manual.

This manual only covers those elements unique to the MSB612RA.

#### CUBLOC STUDIO

To program the MSB series, CUBLOC STUDIO must be used. It can be downloaded from [www.ComfiteTech.com](http://www.ComfiteTech.com) in the "Cubloc" Support section for free.

#### MSB LOGIC

Originally, the MSB series could only be programmed with CUBLOC Studio, which supports both BASIC and Ladder Logic. However, some users are not familiar with BASIC and prefer to use Ladder Logic exclusively.

Therefore, we have created MSB LOGIC, a Ladder Logic development environment designed specifically for the MSB series. If you prefer to do your development in Ladder Logic, you can now use MSB LOGIC to program the MSB series industrial controllers.



It can be downloaded from [www.ComfiteTech.com](http://www.ComfiteTech.com) in the "Cubloc" Support section for free.

#### MSB624RA-DC Specifications

The MSB6XX series has a core module equivalent to the Cubloc C8400.

- Program Memory : 200KB
- BASIC Data Memory : 6KB
- Ladder Logic Data Memory : 1KB
- EEPROM Memory : 4KB (Only Accessible in BASIC)
- DC24V Input s: 16 (Port Numbers 8 ~ 23)
- High Capacity Relays (10A): 8 (Port Numbers 32 ~ 39)
- RS232C Communication Port : 2
- RS485 Communication Port : 1
- Analog-to-Digital 10-bit Inputs (0~10V): 4
- Analog-to-Digital 10-bit Inputs (0~20mA): 4
- Power: 24VDC
- Ambient temperature : -30 to 75 °C
- Humidity : 10% to 90%

#### MSB Usage Declaration



Insert the following at the very beginning of your source code.

```
#include "MSB6200"
```

The RS-485 port (channel 3) is already opened with a default baud rate of 57600 by including MSB6XX (i.e. #include "MSB6XX"), so it is not necessary to use OpenCom. Please refer to the MSB6XX file in Cubloc Studio's installation folder. To change the baud rate, please use the set rs232 command.

#### Download Cable

If your PC has a built-in RS-232C (serial port), it can be used to download programs to the MSB624RA-DC. If not, a USB-to-serial (RS-232C) adapter can be used.

RS-232 3-pin Download Cable	USB-to-Serial + 3-pin Download Cable
	

Note: The download cable is not included, and must be purchased separately.

If using a USB-to-Serial adapter, you must install the necessary drivers to your PC. After the driver is installed, the PC will assign it a COM port number (e.g. COM6). In Cubloc Studio's PC Interface Setup, select this COM port.

## ◆ BASIC I/O Map

Direction	Range	Input Voltage	Description
Input Port	8 ~ 23	DV or 24VDC (20V to 28V is recognized as a logic high)	1 if input is 24V 0 if input is 0V
Output Port	32 ~ 39	10A Relay Outputs	If 1, Relay is ON If 0, Relay is OFF
Analog Inputs	Ch 0-7	0-3 (0~20mA) 4~7 (0~10V)	Use "ADIn(0~7)" to read input

Example)

Use 32 : Turn OFF output port number 32.  
A = In(18) : Read state of input at port number 18  
VA = ADIn(8) : Read analog input from channel 8

## ◆ Ladder Logic Memory Map

Designation	Range	Unit	Function
Input Relay P	P0~P31	1 bit	External Input
Output Relay P	P32~P63	1 bit	Relay, etc. on/off control
Internal Relay M	M0~M511	1 bit	Internal State
Special Purpose Relay F	F0~F127	1 bit	System Status
Timer T	T0~T99	16 bit (1 word)	For Timer
Counter C	C0~C49	16 bit (1 word)	For Counter
Data Region D	D0~99	16 bit (1 word)	Data Storage

By default, all I/O is controlled by BASIC at power on. Ladder Logic must be given permission to use it using the UsePin command.

Usepin 0, in : From this point on use PG in ladder logic  
Usepin 32, out : From this point on, use V32 in ladder logic  
Set Ladder On : Place all usepin commands before enabling Ladder

## ◆ Status LED

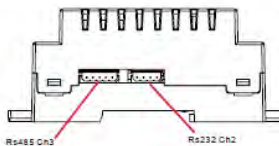
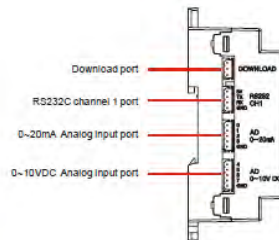
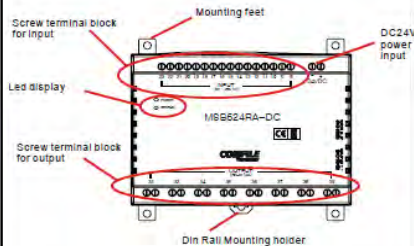
The MSB612RA-DC has a status LED that can be used to indicate the product's operating state. It can be controlled in BASIC using pin 64.

High 64 : Turn status LED on  
Low 64 : Turn status LED off

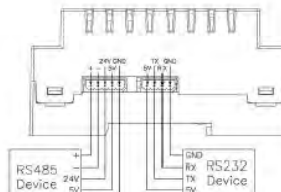
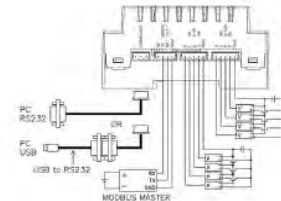
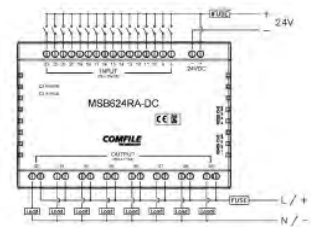
In Ladder Logic, it can be controlled using relay F64.

Set Ladder On : Enable Ladder Scan  
\_F(64) = 1 : Turn status LED on  
\_F(64) = 0 : Turn status LED off

## ◆ Parts Description



## ◆ Digital I/O Wiring



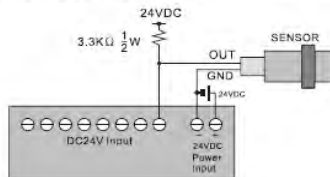
### ◆ Interfacing to Proximity Sensors



Proximity sensors can be used to detect the existence, movement, and displacement of objects without any physical contact with the object. They are used quite often in the field of automation.

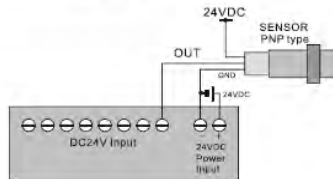
### DC 2-Wire Model

Sensor output connected in reverse



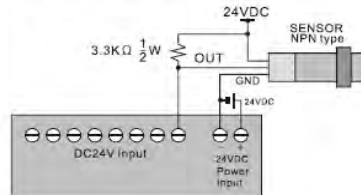
### DC 3-Wire Model (PNP type)

Sensor output connected in reverse

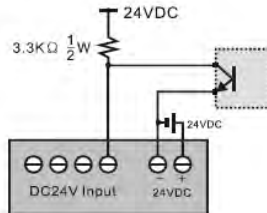


### DC 3-Wire Model (NPN type)

Sensor output connected in reverse



### ◆ Interfacing with NPN output



### ◆ Digital I/O Specifications

Input Specifications	
Number of Inputs	8
Input Voltage Range	20VDC ~ 28VDC
Recommended Operating Voltage	24VDC
On/Off Switching Speed	10ms (Ladder Scan Time is 10ms)
Input Impedance	2.2KΩ @ 24VDC (Do not connect)

Output Relay Specifications	
Number of Outputs	4
Input Voltage Range	5 ~ 30VDC / 4 ~ 264VAC
Recommended Operating Voltage	6 ~ 27VDC / 6 ~ 240VAC
On/Off frequency	10Hz (10 times per second)
Maximum Current	10A per relay
Minimum Current	100mA per relay

### ◆ Analog I/O Specifications

Analog Current Input (0 ~ 3) Specification	
Resolution and Error	10-bit, +/- 2%
Input Current Range	0mA ~ 22mA
Recommended Operating Current	4mA ~ 20mA
Type	Non-isolated, Built-in LFP

Analog Voltage Input (4 ~ 7) Specifications	
Resolution and Error	10-bit, +/- 2%
Input Voltage Range	-0.5VDC ~ 10.5VDC Don't connect series resistance
Operating Voltage	0VDC ~ 10VDC
Type	Non-isolated, Built-in LFP

### ◆ Communication Specifications

Communication Port Specifications	
Type	RS-232 (+/- 10VDC)
Flow Control	No RTS Flow Control
Maximum Baud Rate	115200
Maximum Distance	2 meters
Modbus Support	Modbus RTU Slave

### ◆ Analog Input Example

The following source code illustrates how to use analog inputs. Results are displayed in the PC's debug terminal.

For channels 0 ~ 3 (0 ~ 20mA).

```
#include "mcp3202.h"
#define AD_A4_20mA0C1
int
{
    AD = ADR(0); // Analog Input Channel 0
    DelaySec(AD, 0);
    Delay(100);
}
```

For channels 4 ~ 7 (0 ~ 10VDC).

```
#include "mcp3202.h"
#define AD_A4_10V0C1
int
{
    AD = ADR(4); // Analog Input Channel 4
    DelaySec(AD, 0);
    Delay(100);
}
```

### ◆ Modbus Address

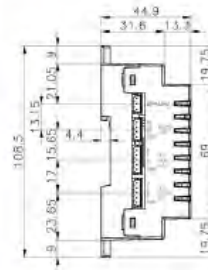
Word Address

Reading/Output registers	
Function : 3,4,5,6	
Address	Area
0 ~ 255	D (D0 ~ D255)
256 ~ 383	Y (Y0 ~ Y99)
	A/D result :
	Y20~Y27: 276 ~ 283
1000 ~ 1255	T (T0 ~ T255)
2000 ~ 2255	C (C0 ~ C255)
3000 ~ 3255	M (M0 ~ M2047)

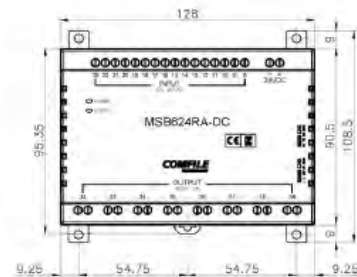
Bit Address

Coil output status	
Function : 1,2,4,15	
Address	Area
0 ~ 127	R (R0 ~ R277)
4096 ~ 8243	M (M0 ~ M2047)

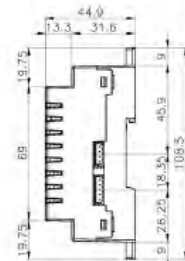
### ◆ Dimensions



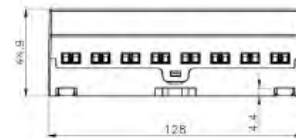
SIDE VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW

Unit: mm

## LAMPIRAN C



**Gambar C.** Water flowmeter FS400A 1''

Spesifikasi G 1 inch *water flow* sensor :

- Rentang tegangan operasional antara 5 ~ 24 Volt DC
- Maksimum arus operasional sebesar 15 mA (pada 5 VDC)
- Maksimum suhu air 120°C
- Maksimum suhu operasional 80°C
- Rentang kelembapan operasional antara 35% ~ 90% RH
- Maksimum tekanan air 1,2 MPa
- Diameter thread *inlet/outlet* 1" (~25 mm)
- Range flow : 1 liter/ menit – 60 liter/menit
- Calculation Formula :  $F(Hz) = 4.8 * Q(L/min)$

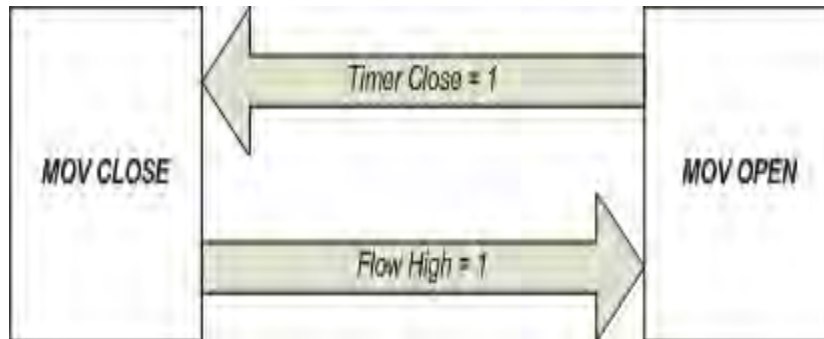
Catatan:

- Ketika bahan magnetik dekat dengan sensor , karakteristiknya dapat bervariasi .
- Untuk menghindari puing-puing partikel , sensor harus dipasang setelah filter .

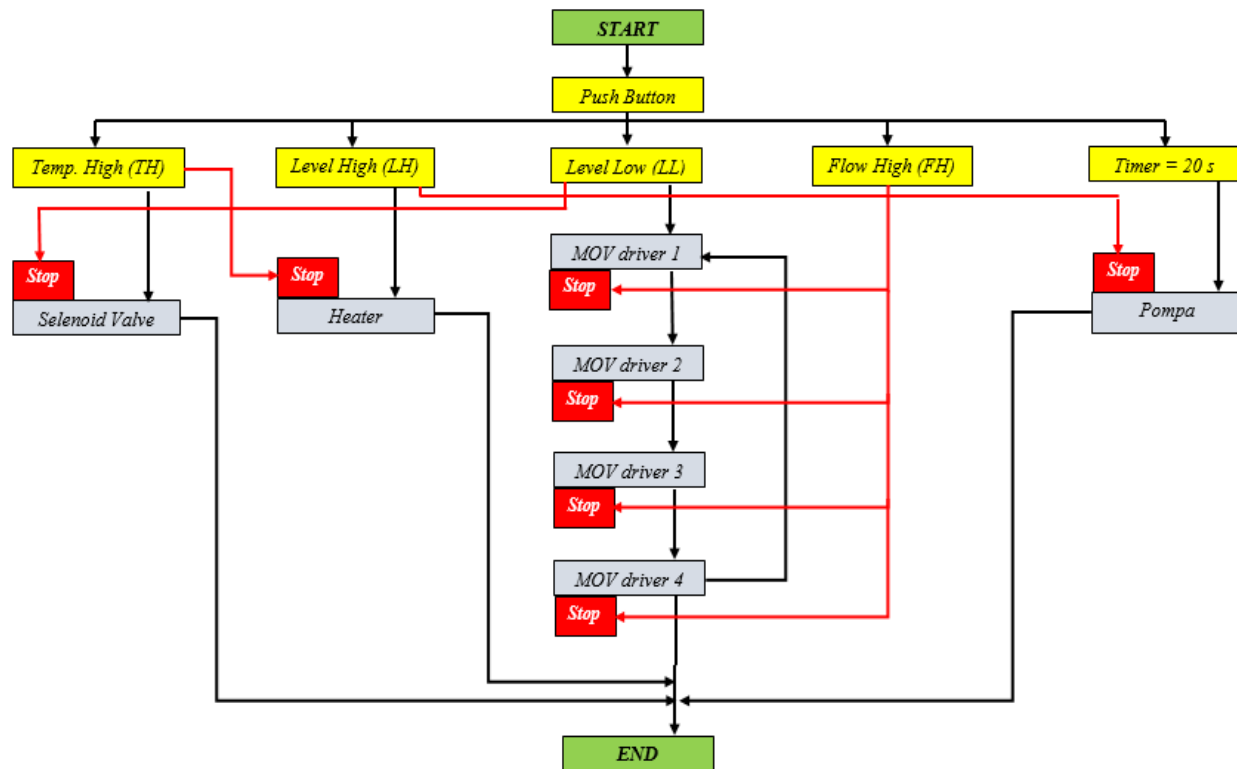


- Aliran instalasi sensor harus menghindari getaran yang kuat dan gemetar lingkungan , sehingga tidak mempengaruhi akurasi pengukuran sensor .

## LAMPIRAN D

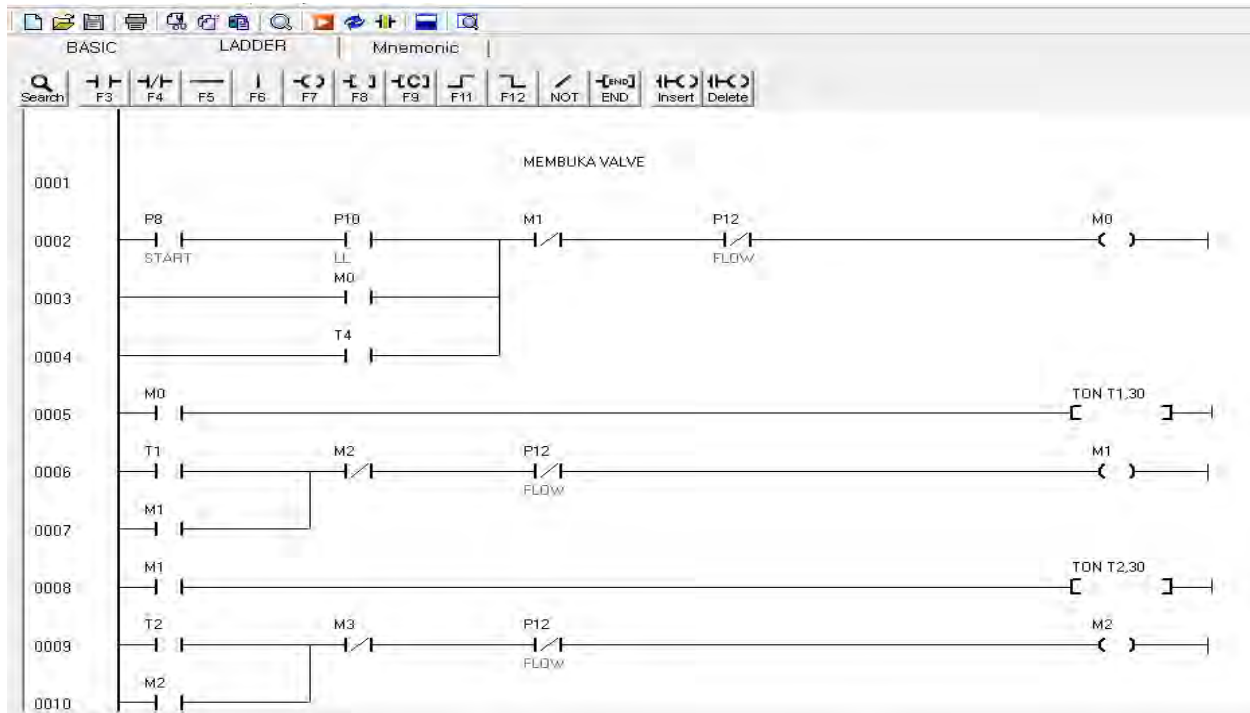


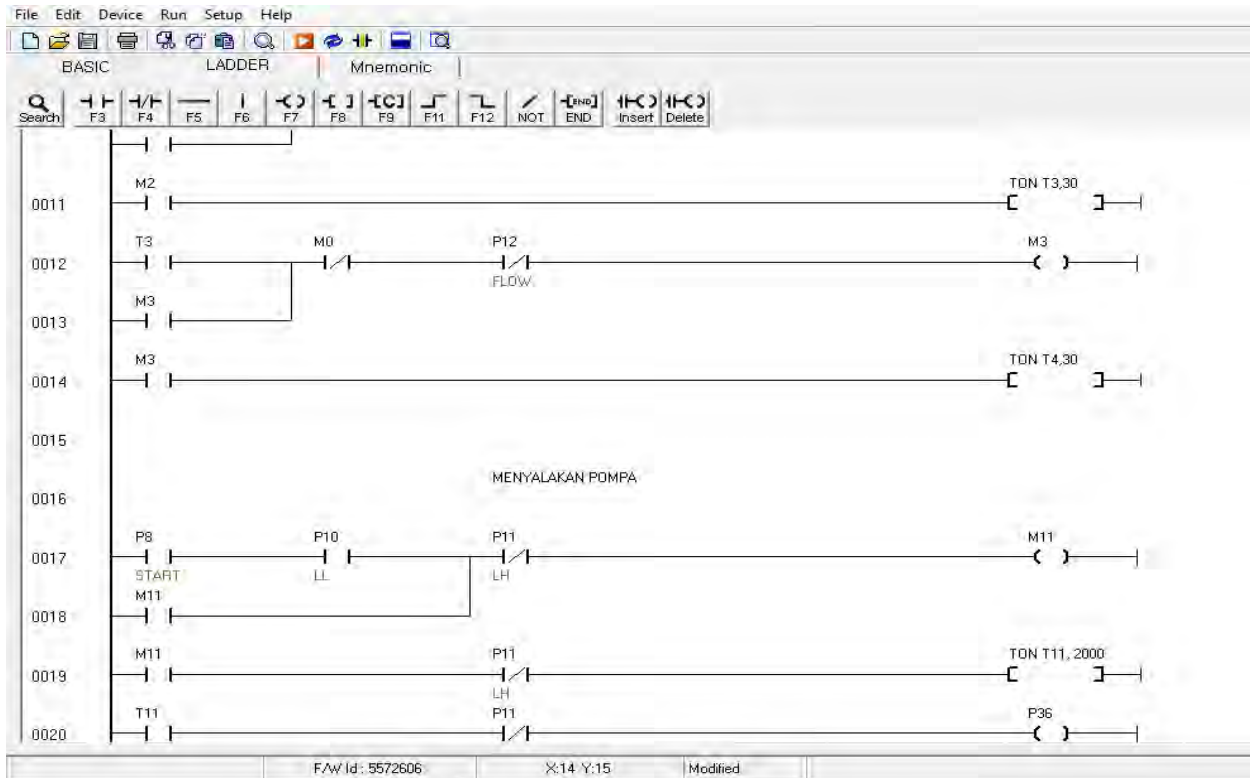
**Gambar D1.** *State machine diagram* pengendalian MOV

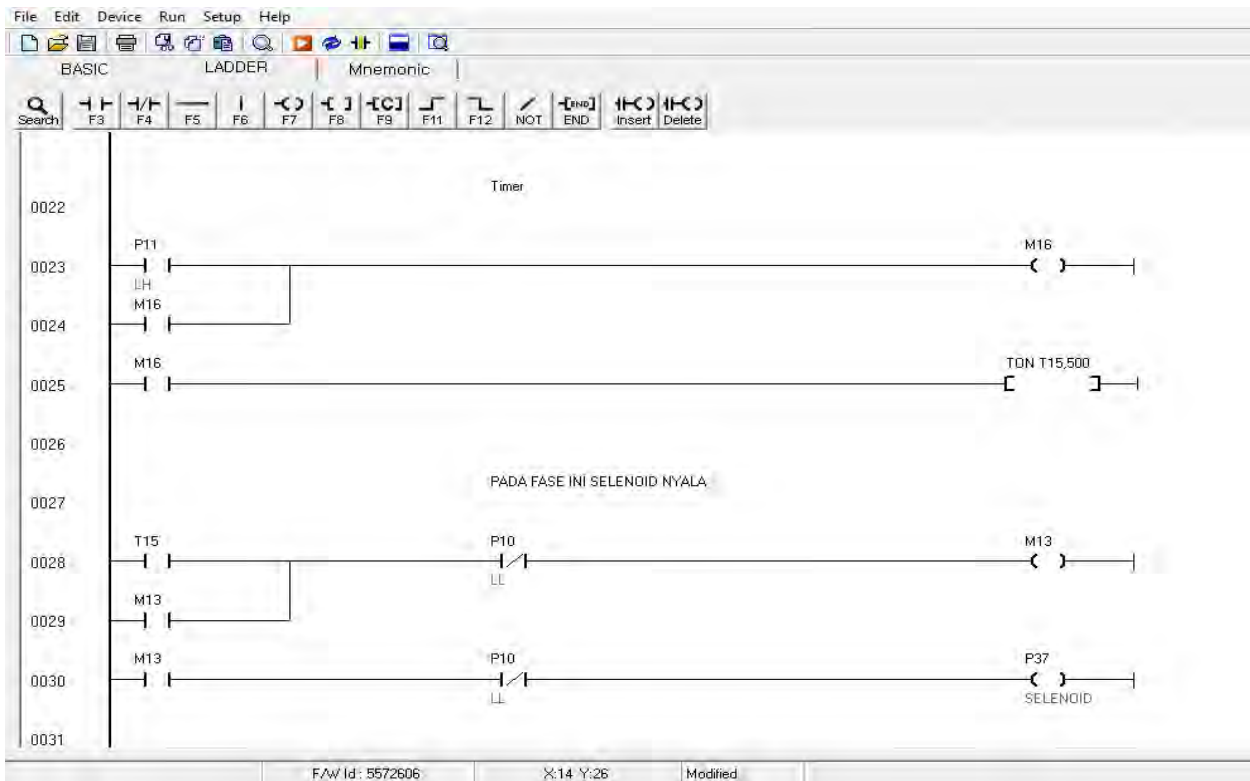


**Gambar D2.** Flowchart Sistem Process Control Plant

## LAMPIRAN E







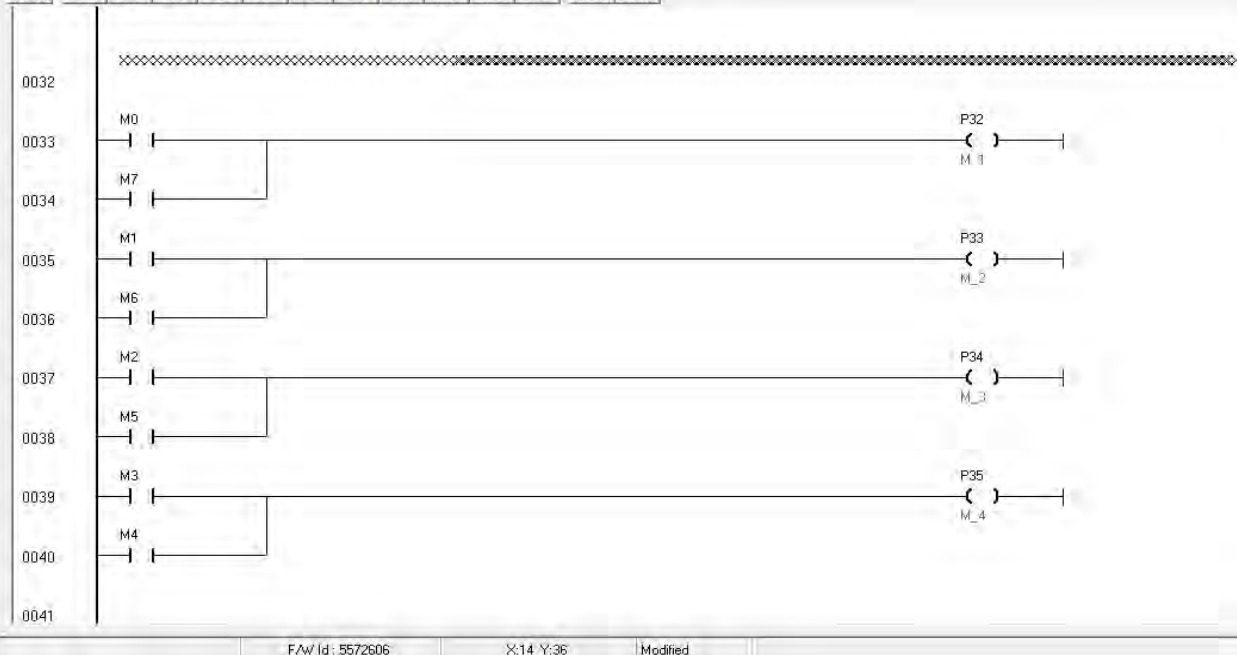
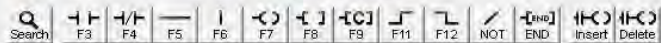
File Edit Device Run Setup Help

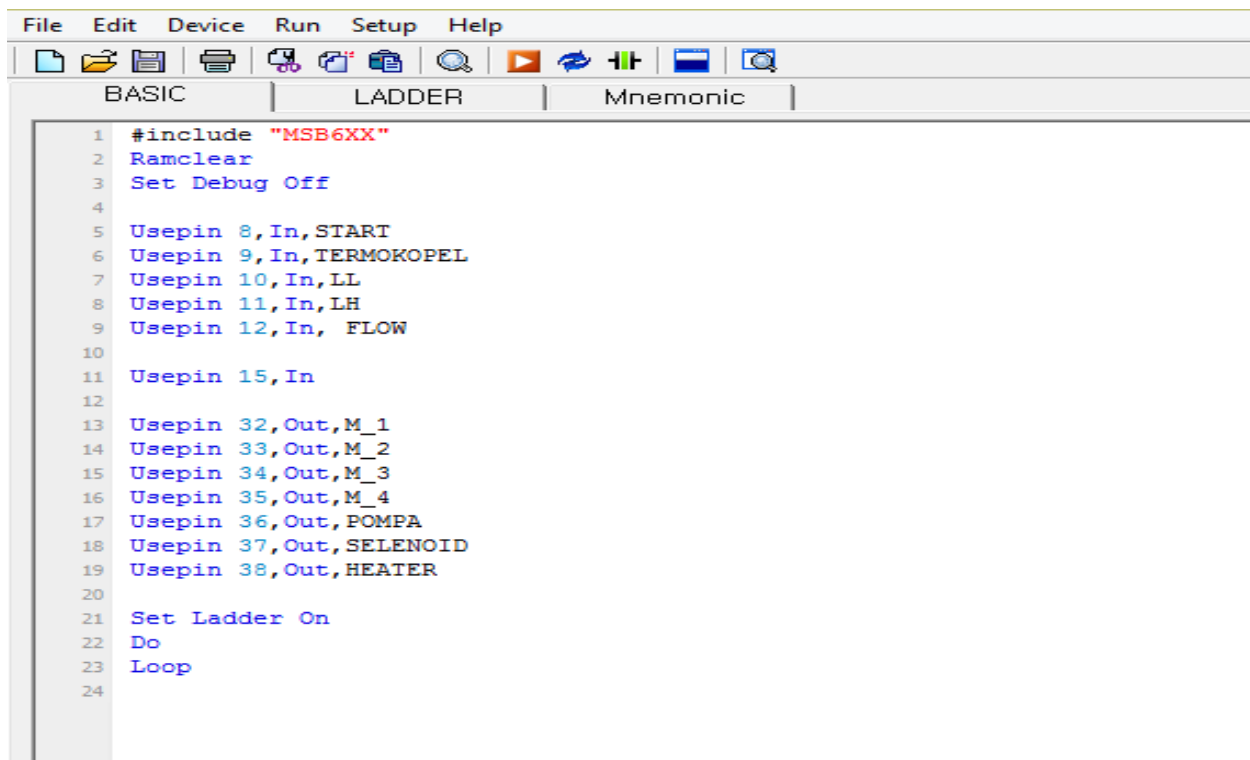


BASIC

LADDER

Mnemonic







## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah berhasil dirancang sistem pengendalian *flow* pada *process control system plant* sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan yaitu 18 liter/menit dengan menggunakan sensor *flowmeter* dan aktuator berupa MOV
- b. Rangkaian pengkondisian sinyal FtV digunakan untuk merubah frekuensi *output* dari *flowmeter* menjadi tegangan dengan *range* 0 – 60 liter/menit menjadi 0 – 9 VDC dan rangkaian komparator berjalan sesuai *setpoint* yang diinginkan yaitu saat 18 liter/menit maka komparator akan berlogika 1.
- c. Dari data pengujian alat pada sistem pengendalian *flow*, didapatkan *respon time* yang cukup baik untuk mencapai *steady state* dengan maksimum *overshoot* 19 liter/menit dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* (*settling time*) dari awal pengambilan data adalah  $\pm 55$  detik

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa Saran sebagai berikut :

- a. Untuk menghindari *disturbance* saat pengendalian, dipastikan bahwa plant sudah tidak ada yang bocor karena akan mempengaruhi pengukuran *flow* dan memperhatikan jarak pemasangan *flowmeter* dari sumber turbulensi agar didapatkan pengukuran *flow* yang stabil.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heriyanto. 2014. Pengendalian proses. Badan Pusat Statistik. Tersedia: <http://www.bps.go.id/linkTabelStatistik/view/id/1413>, 23 Mei 2016.
- [2] Curtis D. Johnson (1997), “Process Kontrol Instrumentation Technology” Fifth Edition, Prentice Hall International Inc., New Jersey.
- [3] Musyafa, Achmad Aliyin. 2015. Dasar – dasar pompa sentrifugal. Yogyakarta.
- [4] Dayanto, Aji Gana. 2016. Tersedia: <https://partelektrik.wordpress.com/category/sensor/waterflow-sensor/>, 23 Mei 2016.
- [5] Faisal, Adi rahmat 2016. Tersedia: <http://www.kitomaindonesia.com/article/22/valve-solenoid-valve-jenis-valve-fungsi-valve>, 29 Mei 2016.
- [6] Syahrul. 2016. *Laporan Akhir*. Jurusan Teknik Komputer Universitas Komputer Indonesia
- [7] Anonim. 2016. Brushless DC motor control using PLC School of Engineering, University of Western Sydney
- [8] Wicaksono, Handy. 2009. *Relay-Prinsip dan Aplikasi*. Teknik Elektro-Universitas Kristen Petra.

## BIODATA PENULIS



Nama penulis Muhammad Reza Faisal dilahirkan di Surabaya pada tanggal 15 September 1994 dari ayah yang bernama Heri Susanto dan dari ibu yang bernama Mudji Astutik.

Saat ini penulis tinggal di Jl. Blitar raya no.34 Perumahan GKB, Gresik – Jawa Timur. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Pongangan 2, kemudian pada tahun 2010 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 1 Gresik. Tahun 2010 juga penulis berhasil masuk di salah satu SMA negeri 1 Gresik dan lulus tahun 2013. Pada 2013 tersebut setelah menyelesaikan studi tingkat menengah atasnya, penulis melanjutkan pendidikan di salah satu PTN terbaik yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri. Pada bulan Juli 2016 ini, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN *FLOW* MENGGUNAKAN *MOTORIZED OPERATED VALVE (MOV)* BERBASIS PLC PADA *PROCESS CONTROL PLANT* “.** Bagi pembaca yang memiliki kritik atau saran dapat menghubungi penulis melalui akun email di [resza\\_faisal@gmail.com](mailto:resza_faisal@gmail.com).